

Archiv
Anatomie
und
Physiologie

1/2 Sheep
pattern.

Anatomisch
Abth.
1880.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,

PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1880.

ANATOMISCHE ABTHEILUNG.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1880.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE

UND

ENTWICKELUNGSGESCHICHTE.

ANATOMISCHE ABTHEILUNG DES

ARCHIVES FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE,

ZUGLEICH FORTSETZUNG DER

ZEITSCHRIFT FÜR ANATOMIE UND ENTWICKELUNGSGESCHICHTE.

UNTER MITWIRKUNG VON

PROF. CHR. AEBY IN BERN, PROF. AL. ECKER IN FREIBURG, PROF. JOS. GERLACH IN ERLANGEN, PROF. W. HENKE IN TÜBINGEN, PROF. V. HENSEN IN KIEL, PROF. C. LANGER IN WIEN, PROF. NATH. LIEBERKÜHN IN MARBURG, PROF. FR. MERKEL IN ROSTOCK, PROF. HERM. VON MEYER IN ZÜRICH, PROF. G. RETZIUS IN STOCKHOLM, PROF. NICOLAS RÜDINGER IN MÜNCHEN, PROF. G. SCHWALBE IN JENA, PROF. HERM. WELCKER IN HALLE

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,

PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG.

JAHRGANG 1880.

MIT ABBILDUNGEN IM TEXT UND 25 TAFELN.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1880.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhalt.

Ueber die Einschaltung der Schwellkörper in das Gefässsystem.

Von

Dr. M. v. Frey.

Aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.

(Hierzu Tafel I und II.)

Durch Anwendung der neueren Vorschriften zur Injection von Blutgefässen und der Mittel Schnittpräparate und Gewebsstücke von ansehnlicher Dicke bis zur vollen Durchsichtigkeit aufzuhellen, lässt sich am Penis des Hundes der Verlauf der Gefässbahnen zu und von den Schwellkörpern sehr übersichtlich darstellen und so eine theilweise noch dunkle Frage in befriedigender Weise zum Austrag bringen.

Nach meinen Untersuchungen, für deren Anregung ich Hrn. Prof. Ludwig zu grossem Danke verpflichtet bin, sind die Wege, auf welchen die Cavernen gespeist werden und jene, auf welchen sie sich entleeren, in den Medianschnitt, Fig. 1, schematisch eingezeichnet.

Man sieht, dass die Arterien sämmtlich der Oberfläche zustreben und dass sie sich, namentlich an der Spitze, büschelförmig zertheilen bis zu den Capillarschlingen des Papillarkörpers. Dort entspringen die Venen, welche ihr Blut weiterhin in die Schwellräume abführen. Diesen Umweg über die Oberfläche macht weitaus der grösste Theil des Blutes; ein anderer geringerer Theil desselben dringt durch Capillaren und Venen, welche im Innern des Penis gelegen sind, in die Schwellkörper; ein directes Einströmen des Blutes aus den Arterien in die Cavernen muss durchweg in Abrede gestellt werden.

Aus den Cavernen findet das Blut seinen Weg entweder sofort in abführende Venen, oder es strömt vorher noch in Schwellräume zweiter Ordnung.

Bevor wir auf diese Formen näher eingehen, ist eine vorgängige allgemeine Orientirung nicht zu vermeiden.

Die paarigen corpora cavernosa penis gehen beim Hunde wenig über die halbe Länge der Ruthe; ihre Scheidewand verknöchert und, indem sie sich seitwärts zuschärfen, tritt an ihre Stelle der Knochen, welcher die Axe und den Stützpunkt für die Schwellkörper der Eichel bildet. Zuerst findet sich an der Wurzel des Knochens ein knopf- oder kugelförmiger Schwellkörper, der fest mit dem Periost verwachsen ist; an ihn legt sich ein zweiter, der wie eine Hülse den Penisknochen umgiebt und nur durch lockeres, ausserordentlich dehnbares Faserwerk aus elastischem und Bindegewebe mit dem Periost in Verbindung steht. Die Harnröhre ist in eine nach unten gekehrte Rinne des Knochens aufgenommen und liegt daher gleichfalls innerhalb dieses Mantels von Schwellgewebe.

Die speciellere Einrichtung dieser Blutbehälter lässt sich je nach der Präparationsweise in verschiedener Art zur Anschauung bringen. Hat man z. B. den vorderen Schwellkörper von der Gestalt eines dickwandigen Cylinders durch einen Längsschnitt gespalten, vom Knochen abgeschält und in eine Fläche ausgebreitet, so zeigt er eine einfache Lage im allgemeinen längsgerichteter Röhren, deren dünne, vielfach durchbrochene Scheidewände eine Communication aller unter einander gestatten. Mit farblosem, durchsichtigem Leim aufgetrieben, stellt der ganze Schwellkörper, wie in Fig. 2, eine einzige Höhle dar, deren Raum durch dünne Balken oder Blättchen in eine grosse Zahl nirgends abgeschlossener Fächer zerfällt.

Diese Balken besitzen eine sehr vollkommene Elasticität. Sie werden durch starken Zug nicht gereckt und verlieren ihre Dehnbarkeit selbst nach längerer Härtung nicht ganz. Histologisch betrachtet stellen sie einen dichten Filz feiner elastischer Fasern dar und sie enthalten, von den Gefässen abgesehen, welche in ihnen verlaufen und weiter unten noch besprochen werden sollen, keine anderen Gewebselemente. Die feinere Anordnung des elastischen Geflechtes, die sicher nicht ohne Rücksicht auf Grösse und Richtung der wirkenden Spannungen getroffen ist, dürfte sich nirgends besser studiren lassen, als an diesem Object. Ein Endothel aus grossen Zellplatten bekleidet überall die Oberfläche.

Auf dem Querschnitte, Fig. 2b, strahlen die Balken fächerförmig auseinander, weil ihre Ebenen zumeist durch die Längsaxe des Gliedes gelegt sind. Sie sitzen mit breitem Fusse auf den elastischen Grenzhäuten, welche den Schwellkörper nach innen und aussen von den benachbarten Geweben abschliessen und vertheilen so die stattfindenden Züge gleichmässiger über die Fläche. Ohne Zweifel sind die elastischen Balken für die Form, welche das Glied im erigirten Zustand annimmt, von der grössten Bedeutung.

Doch lässt sich, so lange man nicht weiss, welche Widerstände sie der Ausdehnung in verschiedenen Richtungen entgegensetzen, kaum etwas bestimmtes sagen. Für die rasche Füllung und ebenso für die leichte Entleerung der Räume ist es sicher von Wichtigkeit, dass sie dem Blutstrome den dünnen Rand und nicht die breite Fläche entgegensetzen.

Der kugelige hintere Schwellkörper ist nicht eine Fortsetzung des eben beschriebenen, sondern ein ganz selbstständiges Gebilde. Als derber Wulst ist er quer über die obere convexe Fläche des Knochens gelegt, und sitzt derselben wie ein elastisches Polster fest und unverschieblich auf. Die nach unten gekehrte Knochenrinne, in welche, wie schon erwähnt, die Harnröhre mit ihrem Corpus spongiosum aufgenommen ist, wird von ihm nicht überbrückt. Das Gerüstwerk seiner Balken ist sehr fest; es strahlt vom Perioste aus und bildet durch vielfache Anastomosen und Durchkreuzungen ein räumliches Netz, dessen Maschenräume gegen die Peripherie an Grösse zunehmen. Eine feste, gefässarme elastische Kapsel, eine wirkliche Albuginea bildet die äussere Begrenzung des Schwellkörpers und zugleich die Oberfläche, gegen welche die Balken in radialer Richtung verlaufen.

Gehen wir den Wegen nach, auf welchen die Füllung dieser Höhlen geschieht, so sehen wir die Hauptstämme der beiden Art. dorsales penis an der Wurzel des Knochens die Kapsel des kugeligen Schwellkörpers durchbohren. Bevor sie eindringen, geben sie oberflächliche Aeste ab, welche sich in der Schleimhaut der Eichel vertheilen. Die Hauptstämme erreichen an der Seite des Knochens die Spitze der Eichel, wo sie durch starke Gefässbögen mit den oberflächlichen Aesten in Communication treten. Fig. 1 u. 3. Von hier strebt ein Bündel stark gewundener und geschlängelter Zweige der Oberfläche zu, wo entsprechend der starken Entwickelung des Papillarkörpers eine reichliche Bildung von Gefässschlingen capillaren Charakters stattfindet.[1] Aus diesen sammeln sich die Venen. Erst noch schwache Stämmchen, die vielfach untereinander in Verbindung stehen, vereinigen sie sich rasch zu geräumigen, klappenführenden Röhren, die von der Oberfläche den tieferen Schichten zustreben. Das zwischenliegende Gewebe reducirt sich auf dünne Scheidewände mit Unterbrechungen und Lücken und unmerklich ist der Uebergang aus den Venen in das balkenführende Schwellgewebe vollzogen. Vgl. Fig. 3. Diese Form

[1] Die Spitze der Eichel weist ausser den zahlreichen Blutbahnen auch den grössten Reichthum an Lymphgefässen auf.



der Blutleitung ist typisch für das ganze Organ[1] und es ist nur die besonders starke Entwicklung dieser Einrichtung, welche die Spitze der Eichel von den übrigen Theilen unterscheidet.

Es ist bemerkenswerth, dass bei jeder Injection gerade hier der erste Uebertritt der Masse in die Schwellräume stattfindet, obgleich dieser Weg scheinbar der längste und umständlichste ist. Es liegt die Annahme nahe, dass auch im Leben das Blut beim Uebertritt in die Schwellräume hier den geringsten Widerstand findet. Bindet man die Spitze der Eichel ab, so gelingt die Füllung der Schwellräume schwer und nur unvollständig.

Gehen wir von der Spitze der Eichel abwärts gegen die Vorhautfalte, so sehen wir auch hier die aus der Pars papillaris kommenden Venen rasch zu starken Stämmen anwachsen. Diese ergiessen ihr Blut in die Schwellräume, entweder indem sie einfach die äussere Grenzhaut, auf deren Oberfläche sie eine Zeit entlang gelaufen, schief durchbrechen oder mit Benützung der elastischen Balken, wie sogleich näher besprochen werden soll.

So konnte denn die Annahme eines directen Ueberganges des arteriellen Blutes in die Schwellräume eine Stütze und Bestätigung nur noch von jenen schwachen arteriellen Zweigen erwarten, welche bald durch die äussere, bald durch die innere Grenzhaut in das Schwellgewebe selbst eindringen.

Schneidet man vollständig injicirte, durch vorgängige Füllung mit Leim gespannte Balken heraus (Fig. 4), so sieht man diese Zweige durch zahlreiche Anastomosen ein weitmaschiges Gefässnetz herstellen. Durch ausserordentlich feine, langgezogene Capillaren verfolgt man den Weg des Blutes weiter in die Venenwurzeln, welche, wenn sie ihr Blut nicht in die von aussen kommenden Venen abführen, selbständig auf der Fläche der Balken sich in die Schwellräume öffnen.

Der Bau dieser Venenmündungen im Gebiete der Balken und die Einrichtungen, welche, abgesehen von zahlreichen Klappen, getroffen sind, um eine Rückstauung des Blutes zu verhindern, verdienen eine besondere Betrachtung.

Man kann unterscheiden Mündungen am Rande und in der Fläche des Balkens.

Dringt eine stärkere Vene in den Balken, so spaltet sie sein Gewebe in zwei Blätter, welche sich mit Leichtigkeit vorwölben, so lange der Balken selbst keinem stärkeren Zuge ausgesetzt ist. Setzt sich diese Spaltung bis an den Rand des Balkens fort, so bilden die dünnen Lippen mit einer spaltförmigen Oeffnung zwischen sich die Mündung der Vene. Kleinere

[1] In ganz analoger Weise wird die Füllung des Corp. spongiosum urethrae von Venen besorgt, welche aus dem Capillarnetz der Schleimhaut entspringen. Vgl. auch Henle, *Eingeweidelehre*. S. 399.

Venen münden häufig mitten in der Fläche des Balkens (Fig. 4). Man sieht sie dann der Oberfläche näher kommen und schliesslich eintreten in eine kleine Gewebsfalte, welche halbmondförmig mit scharfem, concavem Rande über die Fläche des Balkens vorspringt, von welcher sie nur durch eine seichte Nische getrennt erscheint. Auf der Umschlagstelle dieser Falte ist die Venenmündung befestigt. Sie ist in nicht ausgedehntem Zustande ein schlitzförmiger enger Spalt, der sich gegen die Vene trichterartig erweitert. Da die Ränder des Spaltes meist etwas wulstig aufgetrieben, der Trichter selbst aber in Längsfalten zusammengefallen ist, so sieht das Ganze einem zugeschnürten Beutel nicht unähnlich. Es gelingt unschwer mit einem dünnen, am Ende zu einem winzigen Glaskügelchen zugeschmolzenen Glasfaden in die Vene einzugehen und unter dem Mikroskope zu sondiren. Führt man die Glaskugel in den Trichter, der als dünnes, structurloses, mit Endothel belegtes und sehr elastisches Häutchen erscheint, so sieht man die Wand sich glätten und man kann durch wechselnde Einstellung der Linse den nun kreisförmigen, natürlichen Querschnitt der Mündung zur Anschauung bringen. Es muss bemerkt werden, dass die Mündung nicht immer endständig zur Vene ist. Häufig findet man sie an einer Seitenwand der Vene, welche dann mit einer blindsackartigen Bucht endet.

Hiermit sind alle Formen der Wege erschöpft, welche dem Blute zum Eintritt in den Schwellkörper offen stehen.

Fragen wir nun nach den Abzugswegen und bleiben wir zunächst bei dem vorderen, cylindrischen Schwellkörper, der uns bisher beschäftigte, so sehen wir sein Röhrensystem von der Spitze gegen rückwärts sich mehr und mehr vereinfachen und schliesslich reducirt auf eine variable Anzahl von Venenstämmen, von welchen einige auf dem Dorsum des Gliedes, in der Falte des Praeputiums, sich auf dessen äusserem Blatt überschlagen (Fig. 1, 2*a*) und so die Bauchfläche des Thieres erreichen.

Die übrigen Venen münden auf kurzem Wege in den hinteren, kugeligen Schwellkörper und bilden eine der Quellen, durch welche letzterer sein Blut bezieht. Der andere Zufluss kommt ihm von starken Venen, welche gespeist werden aus den Schwellräumen des Corpus spongiosum urethrae (Fig 1, *HS**). Es bildet der kugelige Schwellkörper gewissermassen ein zweites Reservoir für das Venenblut; denn wenn er auch durch das spärliche Capillarnetz seiner Balken und seiner Albuginea Blut auf directem Wege erhält, so tritt dessen Menge doch ganz zurück gegen die auf ersterem Wege zufliessende.

Aus diesen Räumen endlich leiten die beiden mächtigen Venae dorsales penis, welche sich, wie bekannt, nur auf ein kurzes Stück unter der Schamfuge zu einem einzigen Stamme vereinigen, das Blut in die Venen des Beckens.

Es gelingt leicht, nach Zerstörung einiger schwacher Klappen Flüssigkeit von den Venen der Vorhaut in den vorderen Schwellkörper zu treiben, von welchem aus sie in den hinteren Schwellkörper und in die Dorsalvenen gelangt. Die Füllung wird erst vollständig, wenn die Dorsalvenen comprimirt oder unterbunden werden. Versucht man nun die Flüssigkeit wieder rückwärts zu entleeren, so findet man Widerstand. Es ist nicht möglich, selbst durch starken Druck, den Inhalt des kuglichen Schwellkörpers zurück zu treiben. Feste Klappen halten alle Communicationen gegen die Spitze zu verschlossen und lassen der Flüssigkeit keinen anderen Ausweg als durch die Dorsalvenen.

Berücksichtigt man, dass die abführenden Venen nur aus den Schwellkörpern Blut erhalten, und dass in diese wieder nur venöses einströmt, so sind die Schwellkörper in den Verlauf der Venen eingeschaltete Apparate, und müssen als eine eigenthümliche Umbildung des Venennetzes betrachtet werden. Es folgt aber weiter daraus, dass alles Blut, welches die Art. dorsales führen, den Penis durch die Schwellkörper verlässt, da es keinen anderen Weg zur Verfügung hat.

Es seien schliesslich noch die Methoden erwähnt, welche sich am besten bewährten. Zur Zerlegung des Organs in die einzelnen gröseren Abschnitte und namentlich zur Sonderung der rein elastischen Gewebsmassen, wurde das mehrstündige Kochen in Alcohol, dem 1°/$_0$ Salzsäure zugefügt ist, angewendet. Waren die Gefässe mit farbigem Leim schwach injicirt, so konnte deren gröbere Vertheilung leicht verfolgt werden. Für vollständige Injectionen eignen sich lösliches oder gefälltes Berlinerblau oder auch dünne Silberlösungen, wenn man, bei gleichzeitigem Verschluss aller abführenden Venen, den Injectionsdruck allmählich auf 120—150^{mm} Quecksilber steigert und ihn dann längere Zeit, mindestens 15 Minuten, auf dieser Höhe erhält. Man setzt dann in eine der Praeputialvenen eine Canüle, spült die Schwellkörper gegen die Venae dorsales zu mit halbprocentiger Kochsalzlösung aus, um sie von der eingedrungenen Injectionsflüssigkeit und von Blut zu reinigen, und füllt sie hierauf bis zu völliger Spannung mit farblosem Leim, der durch vorgängiges Filtriren durchsichtig gemacht worden ist.

Nach ein- bis zweitägiger Härtung in Alcohol hat das Präparat die wünschenswerthe Consistenz. Die Anordnung der aufgetriebenen und durchsichtigen Schwellräume wird auf diese Weise sehr übersichtlich, die Gefässe in den Wandungen sind vollständig injicirt und lassen sich unter dem Mikroskope weiter verfolgen, entweder indem man Schnitte führt oder einzelne Balken mit der Scheere herausschneidet. Nur für die Untersuchung der Venenmündungen ist dieses Vorgehen nicht zweckmässig, denn bei dem

Ausspülen und wieder Füllen der Schwellräume fallen die Mündungen unter Entleerung eines Theiles ihres Inhaltes zusammen, und geben dann schwer verständliche Bilder. Hier empfiehlt es sich die Injection des ganzen Gefässsystemes und der Schwellräume unter Abschluss der Venen von der Arterie aus und mit farbigem Leim vorzunehmen, dem man nach Mosso's Vorgang 0·2% Chloralhydrat zusetzt. Man erhält dann in den herausgeschälten Balken die Venen prall gefüllt und kann die ventilartigen Einrichtungen ihrer Mündung von der Fläche, auf dünnen Querschnitten oder durch Sondirung studiren. Silberinjectionen liefern ausser dem Gefässverlauf auch die Endothellinien sowohl in den Gefässen als an der Wand der Schwellräume. Alle diese Injectionen geben nur an ganz frischen Präparaten gute Resultate.

Ein werthvolles Hilfsmittel zur Aufhellung der Gewebe war mir Glycerin mit 1% Salzsäure. Die einzeln herausgeschnittenen Balken und ebenso mehrere Millimeter dicke Uebersichtsschnitte werden vollkommen durchsichtig; den Leim macht diese Mischung stark quellen und glashell.

Diese Eigenschaften machten sie für meine Zwecke werthvoller als andere aufhellende Mittel, welche zugleich eine Härtung, eine Schrumpfung oder Verzerrung des Präparates bedingen.

Erklärung der Tafel I und II.

Fig. 1. Medianschnitt durch den Penis des Hundes. Die Gefässbahnen sind halbschematisch eingezeichnet.

VS Vorderer Schwellkörper.
HS Hinterer Schwellkörper.
O Penisknochen.
U Harnröhre mit ihrem Schwellkörper.
A Arterie.
P Präputialvene.
D Dorsalvene.
E Aeusseres Vorhautblatt.
*HS** Venen, welche das Blut aus dem Corp. spongiosum der Harnröhre in den hinteren Schwellkörper abführen.

Fig. 2. Horizontaler Längsschnitt durch die mit durchsichtigem Leim gefüllten Schwellräume. — Untere Schnitthälfte, von oben gesehen.

VS Vorderer Schwellkörper.
HS Hinterer Schwellkörper.
O Penisknochen.
D Dorsalvene.
E Aeusseres Vorhautblatt.

Fig. 2a. Medianschnitt der Präputialvene *P*.

Fig. 2b. Querschnitt des vorderen Schwellkörpers.

O Penisknochen.
U Harnröhre.
A Arterie.

Fig. 3. Medianschnitt durch die Spitze der Eichel. — Die Arterien dunkel, die Schwellräume und Venen bis zu den Klappen mit durchsichtigem Leim gefüllt.

S Schwellräume.
B Balken.
M Inneres Vorhautblatt (Schleimhaut).

Fig. 4. Ein einzelner Balken, injicirt und ausgespannt, mit Venenmündung. — Aeussere und innere Grenzhaut (*A Gr* und *I Gr*) sowie inneres Vorhautblatt (Schleimhaut, *M*) im Dickendurchschnitt sichtbar.

Das Riechepithel der Cyclostomen.

Von

Prof. Dr. Gustav Retzius in Stockholm.

(Hierzu Tafel III.)

Unter den Geweben, an welchen man die Endigungsweise der Nerven im Epithel der Sinnesorgane zu erforschen gesucht hat, ist während der letzten beiden Jahrzehnten die Membrana olfactoria eins der allerwichtigsten gewesen. Besonders durch Max Schultze's umfassende und bahnbrechende Untersuchungen an dieser Epithelhaut[1] schien es dargethan zu sein, dass die Zweige des Riechnerven, sich in Büschel feiner Fasern auflösend, ins Epithel eindringen, sowie dass diese Fasern aller Wahrscheinlichkeit nach durch feine Ausläufer mit einer Art Epithelzellen, den sogenannten Riechzellen, zusammenhängen, welche zwischen anderartigen Zellen, eigentlichen, indifferenten Epithelzellen standen, die den Dienst als Stütz- oder Isolirungszellen hätten; die Riechzellen wären ausserdem bei vielen Thieren an ihrem freien Ende gegen die Oberfläche der Epithelhaut hin mit nicht flimmernden Haaren, „Riechhaaren", versehen.

Es ist nicht meine Absicht, jetzt auf die Geschichte dieser Frage näher einzugehen; nur einige der wichtigsten Data derselben möchten hier kurz erwähnt werden. Der Auffassung Max Schultze's, welche gewissermassen schon in den Untersuchungen Eckhards und Eckers Vorläufer hatte, schloss sich alsobald die Mehrzahl der Forscher (z. B. Ecker, Kölliker, Babuchin u. A.) an; gegen dieselbe traten aber Andere auf (z. B. Seeberg, Hoyer, Gastaldi u. m.), zuweilen sogar mit Schärfe und Bestimmtheit jede Art von Verbindung des Riechnerven mit den Epithelzellen verneinend. Doch verstummten bald wieder die Widersprüche, und man betrachtete die

[1] Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut. 1862.

Lehre Max Schultze's, welche auch durch das Studium anderer Sinnesorgane kräftige Stützen erhalten hatte, als gesichert oder wenigstens als im höchsten Grade wahrscheinlich. Dann erstand indessen vor einigen Jahren wieder ein Zweifler, welcher die Schultze'sche Lehre noch einmal in Misscredit brachte; nunmehr aber wurde sie von einer anderen Seite her angegriffen. S. Exner in Wien suchte nämlich wie bekannt (1870/71) darzulegen, dass die Zweige des Riechnerven, nachdem sie sich in ein kernführendes Netzwerk aufgelöst, zwar, wie Max Schultze annahm, in Epithelzellen übergingen, nicht aber, wie dieser Forscher glaubte, nur in die eine Art derselben (die sogenannten Riechzellen), sondern im Gegentheil in beide Arten, also ebenfalls in die eigentlichen Epithelzellen Max Schultze's. Exner fand sogar den Unterschied der beiden Zellformen so wenig ausgeprägt und eingreifend, dass man ihnen auch nicht aus diesem Grunde verschiedene Funktionen zuschreiben mochte. Nach diesem Angriff Exners auf die Schultze'schen Lehre haben mehrere Forscher der Membrana olfactoria neue Studien gewidmet; die Mehrzahl derselben (z. B. v. Brunn, Paschutin, Martin u. A.) kamen zu Resultaten, welche denen von Max Schultze ähnelten. Zwar ist es Niemand gelungen, mit voller Sicherheit den directen Zusammenhang der Nervenfasern mit den Riechzellen zu erweisen; den bestimmten Unterschied zwischen diesen und den Stützzellen hat man aber aufrecht zu halten gesucht, ebenso wie darzulegen, dass letztere Zellen in keinem Zusammenhange mit den Nerven stehen.

Es erschien aber dann von Neuem ein unerwarteter Angriffspunkt. Bei Repräsentanten der verschiedenen Vertebratclassen hatte man bisher im Ganzen übereinstimmende Verhältnisse gefunden. Die niedrigste Unterclasse der Fische, die Cyclostomen, war aber noch nicht Gegenstand einer Untersuchung geworden. Langerhans fand aber bei seinen Studien über den Petromyzon,[1] dass das Epithel der eigentlichen Regio olfactoria desselben auch aus zwei Arten von Zellen bestand, von welchen die eine Art mit einem wirklichen central gehenden Ausläufer versehen war; die beiden Zellenformen waren zwar nicht ganz so deutlich von einander verschieden wie bei anderen Wirbelthieren; er betrachtete sie aber der Schultze'schen Lehre gemäss als den beiden Zellenarten des Riechepithels der übrigen Thiere entsprechend. Einige Jahre später veröffentlichte dann Foettinger[2] seine Untersuchungen über den Bau der Epidermis der Cyclostomen (Petromyzon) und theilte bei dieser Gelegenheit auch eine Beschreibung und Ab-

[1] Untersuchungen über Petromyzon Planeri, *Verh. d. naturf. Gesellschaft zu Freiburg i. Br.* Bd. VI. 1873.

[2] Recherches sur la structure de l'épiderme des Cyclostomes, et quelques mots sur les cellules olfactives de ces animaux. *Bull. de l'Acad. royale de Belgique,* 2. Série T. LXI. 1876.

bildungen der Epithelzellen der Riechschleimhaut mit; er konnte in der letzteren die beiden von Langerhans geschilderten Zellenformen nicht wiederfinden, und kam zu dem Schlusse, „dass es bei den Cyclostomen nicht zwei Arten von Zellen in der Riechschleimhaut giebt," sondern nur eine, und dass „alle Zellen in diesem Epithel Riechzellen sind." Er schloss sich deswegen der Exner'schen Auffassung an. Endlich hat nun aber auch Exner selbst[1] diese Untersuchungen an der Membrana olfactoria der Cyclostomen aufgenommen (nämlich am Petromyzon fluviatilis, Amocoetes branchialis und Petromyzon marinus); er kam auch zu Ergebnissen, welche mit denen von Foettinger übereinstimmten. Bei diesen Fischen fand Exner mithin nur eine einzige Art von Zellen, welche zwar Variationen in ihrer Gestalt, aber immer nur Variationen desselben Grundtypus, zeigten; zwei Arten von Zellen in der Meinung Max Schultzes, Riechzellen und eigentliche Epithelzellen, sind also bei diesen Thieren nicht zu finden; ausserdem suchte Exner noch darzulegen, dass bei Batrachiern die Epithelzellen Max Schultzes dessen Riechzellen während der Entwickelung vollständig ähneln. Auf Grund dieser Untersuchung stellte Exner von Neuem seine frühere Behauptung dar, nämlich dass das Epithel der Membrana olfactoria nicht aus zwei verschiedenen Zellenarten bestehe, sondern das alle seine Zellen, also die beiden von Schultze beschriebenen Zellenarten, mit den Aesten des Nervus olfactorius in Verbindung stehen.

Während des Sommers und des Herbstes 1871 beschäftigte ich mich, im Zusammenhang mit Studien über die Endigungsweise des Gehör- und Sehnerven, auch mit derjenigen des Riechnerven. Bei Fischen, Batrachiern und Reptilien gewann ich die bestimmte Ueberzeugung, dass die Lehre Max Schultzes von dem Vorhandensein und der Bedeutung der beiden Zellenarten in der Riechschleimhaut im Ganzen richtig war; dass sogar das wichtige neue Reagens, die Ueberosmiumsäure, welche dieser Forscher selbst bei seinen hierhergehörigen Untersuchungen nicht zur Verfügung hatte, in einer noch unzweideutigeren Weise und ohne Schwierigkeit seine Darstellung bestätigte, indem die Gestalt der beiden Zellenarten, besonders die der eigentlichen Epithelzellen (der Stützzellen) noch schöner und deutlicher hervortrat. Da indessen bald von anderer Seite her (Babuchin u. A.) diese Zellen nach Behandlung mit der neueren Präparationsmethoden, der Ueberosmiumsäure sowohl als dem Goldchlorid, näher beschrieben wurden, fand ich es nicht nöthig, meine ebengenannten Studien zu veröffentlichen. Nachdem aber durch die oben erwähnten Untersuchungen am Petromyzon der

[1] Fortgesetzte Studien über die Endigungsweise des Geruchnerven. Dritte Abhandlung. *Sitzungsberichte der kaiserl. Akad. d. Wissensch.* Bd. LXXVI. J. 1877. Wien. 1878.



Schultze'schen Lehre von Neuem, wenigstens bei den niedrigsten Wirbelthieren, der Fussboden erschüttert war, schien es mir von Interesse zu sein, sowohl beim Petromyzon als vielleicht noch mehr bei einem anderen in dieser Hinsicht bisher nicht untersuchten Cyclostomen, der Myxine glutinosa, das Riechepithel zu durchforschen. An der Westküste Schwedens im Sommer 1877 wurde deswegen die Gelegenheit benutzt, das fragliche Gewebe des letzteren Thieres sowohl im frischen als im erhärteten Zustande zu untersuchen, und ich habe dann später diese Untersuchung fortgesetzt; da das Ergebniss derselben nicht ohne Interesse für die Erkenntniss des Riechepithels ist, so theile ich es hier mit. In letzterer Zeit habe ich nun auch das entsprechende Epithel des Petromyzon fluviatilis, von dem ich erst neulich ganz frisches — und in Folge dessen auch gut erhärtetes — Material bekommen konnte, untersucht. Bei beiden Fischen habe ich ausser dem Studium des frischen „lebenden" Epithels, die Erhärtung in Ueberosmiumsäure (von 0·2—0·5 $^0/_0$) theils mit, theils ohne nachfolgende Färbung in Carmin, als die beste Präparationsmethode gefunden; ferner wurde Goldchlorid ohne viel Nutzen angewandt; ferner und mit gutem Erfolg wurden Müller'sche Lösung und Chromsäurelösungen in verschiedener Verdünnung gebraucht. Gute Schnittpräparate erhielt ich vom Material, welches in Müller'scher Lösung und dann in Alkohol erhärtet war.

Das Riechepithel der Myxine glutinosa.

(Tafel IIIa.)

Die gröbere Anordnung des Riechorgans der Myxine ist schon von anderen Verfassern beschrieben und abgebildet; ich brauche deswegen nicht darauf näher einzugehen. Zuletzt hat Wilhelm Müller[1] eine charakteristische Figur desselben im Horizontaldurchschnitte mitgetheilt. Am Boden der Nasenröhre findet man eine Reihe lothrecht gestellter Falten oder Blätter, welche mit Epithel bekleidet sind. An den vorderen freien Rändern der Blätter und an ihren hinteren Anheftungsrändern ebenso wie in den Furchen zwischen ihnen findet sich ein niedriges Cylinderepithel ohne Nervenendigungen. An den gegen einander gewendeten Flächen der Blätter ist dagegen das Epithel viel höher. Es ist eben dieses Epithel, welches das Riechepithel bildet, zu dessen Beschreibung ich jetzt übergehe.

An dem in Müller'scher Lösung und dann in Alkohol erhärteten Materiale sieht man auf Schnitten, welche lothrecht zur Oberfläche der Blätter

[1] *Ueber die Stammesentwickelung des Sehorgans der Wirbelthiere.* Taf. XI. Fig. 1.



— und damit auch des Epithels selbst — geführt sind, dass Kerne in reichlicher Anzahl und in mehreren Schichten im grösseren Theil des Gewebes zerstreut liegen; gegen die Oberfläche des Epithels findet sich jedoch eine Zone, welche von ihnen frei ist; das Gewebe, in dem diese Kerne eingebettet liegen, lässt sich aber an diesen obwohl dünnen Schnitten mit keiner Sicherheit eruiren. Indessen kann man schon an solchen Präparaten (Fig. 1.) wahrnehmen, dass die Kerne zweierlei Art sind, sowie dass die sie umgebende Substanz nicht durch und durch homogen ist. Die eine Art der Kerne zeigt eine fast sphärische, zuweilen etwas rundlich-ovale Gestalt; diese Kerne sind die zahlreichsten und nehmen den grössten Theil des Vertikalschnittes ein, mit Ausnahme der obengenannten Zone an der Oberfläche des Epithels ebenso wie einer etwa gleichbreiten Zone an dessen Basis oder Anheftungspartie auf der Bindegewebsschicht der Schleimhaut. In der letzteren Zone findet man nun die zweite Art der Kerne; diese sind länglich-oval und werden deswegen sehr leicht von den sphärischen Kernen unterschieden; sie sind ferner spärlicher und liegen mit ihrer Längsachse vertical gegen die Oberfläche der Schleimhaut gestellt. Wenn man genau das die verschiedenen Kerne umgebende Gewebe betrachtet, findet man, dass es grösstentheils aus einer glasigen, hellen Masse besteht, in welcher eine in verschiedenen Richtungen verlaufende, undeutliche Streifung erscheint. In der Umgebung der grossen sphärischen Kerne zeigt jedoch die Zwischensubstanz ein körniges Aussehen. An den Rändern der Schnittpräparate sieht man zuweilen die Elemente des Epithels von einander getrennt; es gelingt dann mehr oder weniger gut ihre Beschaffenheit und Verbindung wahrzunehmen. Noch besser gelingt aber dies durch ihre vollständige Isolirung, welche nach gewissen Präparationsmethoden ohne Schwierigkeit vor sich geht. An Präparaten, welche mit Müller'scher Flüssigkeit oder noch lieber in Ueberosmiumsäure behandelt sind, gewinnt man, wie bei anderen Wirbelthieren, eine derartige Isolirung durch vorsichtige Präparation mit Nadeln oder durch ein leichtes Schütteln mit einem Messerblatte oder dergleichen, zuweilen auch wohl durch Druck am Deckglase. Man findet dann in der Flüssigkeit umherfliessende Gebilde, wie die an der Fig. 2—6 wiedergegebenen. Sie zeigen sich überall als aus zwei verschiedenen Arten gebildet. Die eine Art besteht aus solchen Gebilden, wie die rechts in der Fig. 1 und rechts in den Figg. 2, 3, 5, sowie links in der Fig. 4 und 6 abgebildeten. Sie sind lange, schmale, gleichsam der Länge nach gefaltete hie und da gezackte Bildungen, welche gegen ihr freies Ende mit einem länglich-ovalen Kerne versehen sind. Es sind eben diese Kerne, welche wir am Verticalschnitte in der innersten Zone des Epithels liegen sahen. Isolirt zeigen sich diese kernführenden Gebilde als eine Art eigenthümlich gestalteter Zellen. Wenn wir nun diese Zellen näher betrachten, finden wir, dass sie unter

sich von etwas verschiedener Breite, dass sie aber ihrer ganzen Länge nach ziemlich gleich breit sind; gegen beide Enden hin erweitern sie sich doch, um mit breiteren Flächen zu endigen; das innere (untere) gegen die Bindegewebsschicht der Schleimhaut gekehrte Ende, der „Fuss" der Zelle, besteht also aus einer trompetenförmig erweiterten Partie, welche mit einer polygonalen (4—6 seitigen) Fläche unmittelbar an dieser Bindegewebsschicht befestigt ist. Die Seitenflächen des Fusses zeigen einige, mehr oder weniger schief gerichtete Ränder oder Firsten, welche gegen den Kern hin verlaufen und zuweilen über ihn sich fortsetzen, als scharfe Streifen in der Längsrichtung des Kerns sich zeichnend und dann weiter an der anderen Seite desselben gegen das äussere (obere) Ende der Zelle hin gehend. An diesem ausserhalb (oder oberhalb) des Kerns liegenden Theile der Zelle erscheinen, mehr oder weniger scharf hervortretend, einige derartige Ränder oder Firsten, und hie und da gehen zackenähnliche Bildungen von ihnen aus (siehe z. B. Fig. 1 und 6). Bisweilen sind diese Zacken (wie an der Fig. 1 rechts) so stark ausgebildet, dass die Ränder der Zellen ein sehr unregelmässiges Aussehen erhalten; zwischen den Zacken entstehen schalenähnliche Vertiefungen. Gegen das äussere (obere) Ende hin werden die Zacken spärlicher und hören auf; hier sind die firstenähnlichen Ränder viel regelmässiger und laufen an der Endfläche in mehrere, gewöhnlich fünf oder sechs schmale Vorsprünge, welche schief nach aussen divergiren, um im Allgemeinen je mit einem kleinen rundlichen Knopf zu enden (Figg. 1—6). In der Regel nimmt man hier nur diese deutlich hervortretenden Vorsprünge wahr. Ich habe dieses Epithel nicht nur an dem in den obengenannten Flüssigkeiten (Müller'scher Lösung und Ueberosmiumsäure) erhärteten Materiale studirt, sondern auch an ganz frischem, vom lebenden Thiere genommenem und in Meereswasser sogleich untersuchtem. Es gelang mir nie, an diesen Zellen Flimmerhaare zu finden, dagegen trat an dem zusammenhängenden Epithel mehr oder weniger deutlich ein heller, klarer Saum mit unbestimmter, wellenförmiger äusserer Begrenzung. Nach Zerzupfung des erhärteten Epithels zeigte sich, dass vom äusseren Ende jeder Zelle, zwischen den Vorsprüngen und gleichsam von ihnen umschlossen eine kleine durchsichtige, einem Tropfen ähnliche Partie sich findet. Zusammen bildeten diese tropfenähnliche Figuren den eben erwähnten Saume. Ich war ja selbst zu glauben geneigt, dass hier ein Kunstproduct, nach dem Tode durch die Einwirkung des Reagenzien hervorgerufen, vorliege; da indessen bei allen angewendeten Untersuchungsmethoden dasselbe Phänomen sich zeigte, so scheint es in der That wahrscheinlicher, dass hier eine natürliche Bildung vorliegt. Endgültig kann ich aber dies nicht entscheiden. Schief von der Seite her, „im halben Profil" gesehen, zeigen die Endflächen die in Fig. 8 abgebildete Gestalt; ganz von oben betrachtet zeigen sie aber solche poly-

gonale Felder wie die in Fig. 9 wiedergegebenen. Diese nun beschriebenen Zellen reichen alle durch die ganze Dicke des Epithels von der unterliegenden Bindegewebsschicht bis zur freien Fläche des Epithels; bei der Präparation werden sie aber oft abgerissen, so dass man nur Theile von ihnen findet, z. B. solche wie die in Fig. 7 und Fig. 1 rechts. Betreffs ihrer Substanz sind sie überall hell, durchsichtig und homogen.

Die anderen, das Epithel zusammensetzenden Elemente erscheinen isolirt als mehr oder weniger spindelförmige, kernführende Gebilde, welche nach beiden Enden je einen Ausläufer entsenden. Die Kerne dieser Gebilde entsprechen eben den oben beschriebenen zahlreichen sphärischen Kernen. Hier liegt also noch eine Art von Zellen vor, sie sind aber von ganz anderer Gestalt als die geschilderten. Der spindelförmige Zellkörper, in welchem der grosse, klare, homogene sphärische Kern eingebettet liegt, ist seiner Substanz nach durch und durch körnig; nach Behandlung mit Ueberosmiumsäure wird dies körnige Protoplasma etwas dunkler, und man nimmt dann leicht wahr, dass es ein wenig in die beiden Ausläufer sich fortsetzt. Das Protoplasma ist übrigens in verschiedener Menge bei verschiedenen Zellen vorhanden. Die Zellen liegen, wie schon aus der Anordnung der Kerne am Verticalschnitte (Fig. 1) hervorgeht, in mehreren Schichten. Die der Oberfläche des Epithels am nächsten liegenden Zellen besitzen die grösste Menge von Protoplasma, welches besonders im peripherischen, dicken, langsam gegen ihr abgerundetes Ende sich verschmälernden Ausläufer angesammelt ist. Die übrigen tiefer unten im Epithel liegenden Zellen besitzen nicht so viel Protoplasma, gewöhnlich ist aber auch ihr peripherischer Theil grösser als der centrale. Betreffs der beiden Ausläufer ist auch bei diesen Zellen der peripherische Theil etwas, obwohl nur schwach, körnig; er verschmälert sich zu einer mehr oder weniger feinen Faser, welche nach der freien Oberfläche des Epithels hinausläuft und mit einem kleinen abgerundeten Ende in demselben Niveau wie die andere Art der Zellen endigt (Figg. 2, 3, 4, 5). Nur ein einziges Mal sah ich hier einen kleinen bürstenähnlichen Anhang (Fig. 6); sonst erschien das Ende immer als kleiner rundlicher Knopf. Wenn man das Epithel von der freien Fläche her betrachtet (Fig. 9), sieht man zwischen den grossen polygonalen Endplatten, nicht nur an ihren Ecken, sondern auch an den Rändern, kleine, rundliche, kornähnliche Figuren hier und da eingestreut; es entsprechen diese letzteren eben den peripherischen Enden der körnigen bipolaren Zellen. Der centrale Ausläufer dieser Zellen ist immer feiner als der andere; er ist so fein, dass er im Allgemeinen genaue Betrachtung erfordert, um wahrgenommen zu werden, und sogar gewöhnlich ganz in der Nähe des Zellkörpers abreisst. In den Figg. 2—5, 6, sowie links in Fig. 1 sind solche centrale Ausläufer, wie gewöhnlich in der Nähe des Zellkörpers abgerissen, abgebildet; in der Fig. 2

finden sich an diesem Ausläufer zwei Varicositäten, welche bei ihnen oft vorhanden sind; zuweilen sieht man auch ähnliche Varicositäten am peripherischen Ausläufer (Fig. 4). Die nun beschriebene Beschaffenheit behält der centrale Ausläufer, soweit man ihn verfolgen kann, auf seinem Wege nach der Bindegewebsschicht; er erweitert sich nicht mehr und scheint sich nicht zu theilen.

Anderweitige Elemente als die jetzt hier beschriebenen beiden Zellenformen gehen nicht in die Zusammensetzung des Riecheepithels der Myxine hinein. Wenn man nun aber die beiden unter einander vergleicht, findet man leicht, dass sie sehr verschiedener Natur sind. In der oben zuerst beschriebenen Zellenart erkennt man ohne Schwierigkeit die schon seit den Arbeiten Max Schultze's bei anderen Wirbelthieren gefundenen Stützzellen oder eigentlichen Epithelzellen; in der anderen Art aber hat man aller Wahrscheinlichkeit nach die Endorgane der Riechnerven, die Riechzellen. Die Zacken der Stützzellen sind dazu geeignet, in die Lücken zwischen den Riechzellen einzupassen, welche letztere zuweilen sogar in schalenförmigen Vertiefungen der Stützzellen eingebettet liegen, ganz wie es sich bei anderen Vertebraten, z. B. den Batrachiern, verhält, und ebenfalls ganz wie die inneren Körner an den Müller'schen Stützfasern der Retina eingebettet sind.

Ich habe hier eine eingehende Darstellung der beiden Zellenformen in dem Riechepithel der Myxine glutinosa gegeben, weil es von Interesse zu sein scheint, dass schon bei einem so tief in der Wirbelthierreihe stehenden Thiere zwei Zellenformen vorhanden, und dass die beiden von einander so verschieden sind. Diese Verhältnisse sprechen in hohem Grade für die Richtigkeit der Schultze'schen Lehre vom Epithel der Riechschleimhaut, und sie sprechen auch in der That sehr gegen die Ansichten Exners. Bei Myxine ist es ja ganz unmöglich, dass die hier als Stützzellen beschriebenen Zellen Nervenendigungen sein können; sie besitzen nicht einmal wie bei so vielen anderen Wirbelthieren ein verzweigtes unteres Ende, sondern stehen im Gegentheil mit einer platten polygonalen Scheibe auf der Bindegewebsschicht; es lässt sich keineswegs denken, dass es hier ein Zusammenhang mit Nervenfasern gebe. Die andere Zellenart hingegen hat das Aussehen und den Charakter von peripherischen Nervenendigungen, obgleich der unmittelbare Zusammenhang dieser Zellen mit Nervenfasern bisher nicht dargelegt werden konnte. Es ist mir nie gelungen, wirkliche Uebergangsformen zwischen beiden Zellenarten zu finden; ebenfalls konnte ich nie ein subepitheliales feinmaschiges Fasernetz, etwa im Sinne Exner's, wahrnehmen, welches den Zusammenhang der einen oder der anderen Zellenart mit den Nerven — und noch weniger beider — vermitteln könnte.

2. Das Riechepithel des Petromyzon fluviatilis.

(Tafel III b.)

Die gröbere Anordnung des Geruchorgans des Neunauges ist schon mehrmals von anderen Forschern beschrieben.[1] Die die Nasenhöhle bekleidende Schleimhaut erhebt sich auch hier in eine Reihe von sagittalen Falten. Diese Falten sind von einem Epithel bekleidet, welches in den Furchen zwischen ihnen und an ihren freien Rändern niedrig ist und keine Riechnervenendigungen zu tragen scheint. An den gegen einander gerichteten Flächen der Falten findet sich aber ein eigenthümliches, hohes Epithel. An Schnitten vom Material, welches in Müller'scher Lösung und Alkohol erhärtet wurde, scheint dies nur aus sehr hohen, dichtgedrängten Cylinderzellen zu bestehen. Bei frischen, vom lebenden Thiere genommenen Präparaten sieht man an der Oberfläche des Epithels eine lebhafte Flimmerbewegung. An den senkrechten Schnitten des erhärteten Gewebes findet man auch hier einen dichten Besatz von Flimmerhaaren; sonst erkennt man an diesen Schnitten nur undeutlich die Anordnung in Zellen und ihre Begrenzung; man sieht aber viele eiförmige Kerne, welche besonders im unteren, der Bindegewebsschicht der Schleimhaut am nächsten liegenden Theil gedrängt liegen, aber auch etwas höher oben, obwohl spärlicher, zu finden sind. Ebenfalls erkennt man in dieser Zellenschicht viele zerstreut liegende, stark glänzende Körner. Die nähere Beschaffenheit der das Riechepithel zusammensetzenden Elemente lässt sich aber erst nach ihrer Isolirung darlegen. Diese gelingt am Besten an dem in Ueberosmiumsäure erhärteten Materiale, welche die Gestalt der Elemente besonders gut erhält. Zwar kann man auch nach Behandlung mit schwachen Lösungen von Kali bichromicum oder Chromsäure diese Elemente ohne Schwierigkeit isolirt bekommen; sie werden aber durch diese Behandlung oft sehr verunstaltet oder lassen wenigstens keine genaue Auffassung ihrer wahren Gestalt erkennen. An der Taf. IIIb habe ich eine Reihe isolirter typischer Elemente des mit Ueberosmiumsäure behandelten Riechepithels abgebildet. Man unterscheidet hier zwei verschiedene Grundformen. Die erste, am zahlreichsten vorkommende, besteht aus langen Stäben, welche die ganze Höhe des Riechepithels einnehmen; obwohl sie unter sich mehrere Variationen darbieten, so lassen sie sich doch alle ohne Schwierigkeiten durch den Gesammtcharakter auf einen Grundtypus zurückführen. Zu der gewöhnlichsten Form derselben gehören die in Figg. 1, 2, 3, 6 abgebildeten. Es erweisen sich diese langen, stabförmigen Gebilde als sehr ausgezogene Cylinderzellen, welche ihrer ganzen Länge nach ziemlich gleich breit sind, mit etwas unebenen

[1] Siehe Langerhans, *Untersuchungen über Petromyzon planeri.* 1873.



seitlichen Begrenzungen. In ihrem unteren (inneren) Drittel, oft nahe am unteren Ende, zuweilen aber auch an der Grenze zum mittleren Drittel, führen sie einen eiförmigen Kern. Die Substanz der Zellen ist im Ganzen hell und nur sehr schwach körnig; hier und da, besonders in der Umgebung des Kerns liegen die oben schon erwähnten, ziemlich zahlreichen, gelblich glänzenden Körner, welche als Pigmentkörner erscheinen. Das obere Ende der Zellen ist quer abgestutzt und wie mit einem glänzenden, feinen, körnigen Saume besetzt, aus welcher ein Büschel von feinen, nicht besonders langen, im Allgemeinen nicht starren, sondern etwas wellenförmig gebogenen Flimmerhaaren ausschiesst. Das untere Ende der Zellen ist der Bindegewebsschicht der Schleimhaut zunächst quer abgestutzt; es erweitert sich dabei sehr oft etwas trompetenförmig, wobei die Zellensubstanz sich zu schwachen glänzenden Firsten erhebt; es entsteht hierdurch eine Art Fuss, durch welchen die Zelle an der Bindegewebsschicht angeheftet ist. Betrachtet man nun diese Zellen von den Endflächen her, so findet man sie mehr oder weniger polygonal; die Zellen selbst sind auch im Ganzen gewöhnlich von ähnlichem Durchschnitt. Schon bei den angeführten Zellenformen sieht man indessen eine etwas wechselnde Gestalt; so findet sich z. B. an der Fig. 2 am linken Rande eine „schalenförmige" Auszackung, welche in der Fig. 6 rechts unten auch zu sehen ist. Die in der Fig. 3 abgebildete Zelle ist im Ganzen schmäler als die übrigen. In der Fig. 1 und 6 sieht man an den Zellen längsgehende, faltenförmige Firsten u. s. w. Von dem geschilderten Zellentypus leitet man nun ohne Schwierigkeit die übrigen vorkommenden Zellenformen ab. In der Fig. 4 und 5 habe ich zwei Zellen abgebildet, die sonst den anderen ähnlich sind, nur eine stärkere Verschmälerung oberhalb der unteren Endplatte haben, wodurch ein wirklicher Fuss noch deutlicher gebildet wird. Dann findet man aber oft solche Zellen, wie die in Fig. 7 abgebildete; hier ist das untere Ende nicht mehr einfach, sondern es — der Fuss — ist sogar in zwei getheilt; statt einer Fussplatte sind dadurch zwei kleinere entstanden. In Fig. 8 sind die beiden Zweige des unteren Endes länger, sonst aber auch mit je einer Fussplatte versehen; diese Zelle hat ausserdem eine ziemlich unregelmässige Gestalt.

Die soeben geschilderten Zellen liegen nun dicht beisammen wie Palissaden, etwa wie die beiden links in der Fig. 9 abgebildeten. Bei genauer Durchforschung findet man indessen, dass diese Zellen nicht das einzige Element des Riechepithels bilden. In der Fig. 9 rechts findet man nämlich eine andere Zellengestalt, welche besonders dadurch ausgezeichnet ist, dass der Zellenleib viel kürzer ist, den Kern deswegen viel höher trägt und nach unten hin in eine dünne Faser ausläuft. In den Figg. 10—14 habe ich noch fünf andere Zellen derselben Art abgebildet, welche einen allgemeinen Begriff von ihrem gewöhnlichen Aussehen geben können. Es sind die frag-

lichen Zellen langgestreckt birnförmige Gebilde, deren oberes abgerundetes oder etwas zugespitztes Ende bis zur Oberfläche des Epithels reicht, also zur selben Höhe wie das eigentliche obere Ende der zuerst beschriebenen Zellen, wenn man den Flimmerbesatz nicht mitrechnet. Nach unten zu werden diese birnförmigen Zellen bis zur Nähe des unteren Endes breiter, um dann etwa in der Mitte der Höhe des Epithels sich schnell abzurunden und sich in den dünnen Ausläufern fortzusetzen. Der rundlich-eiförmige Kern liegt immer in dem unteren dickeren Ende der Zelle. Die Substanz dieser Zellen ist hell, aber deutlicher gekörnt als die der zuerst beschriebenen Zellenart. Ferner findet man in ihr keine solchen gelblich glänzenden Pigmentkörner wie in der der letzteren. Das obere Ende ist auch nie quer abgestutzt wie bei diesen Zellen, sondern, wie erwähnt, zugespitzt oder etwas abgerundet. Nie sieht man hier einen derartigen Besatz von Flimmerhaaren wie an den anderen Zellen. Gewöhnlich präsentirt sich an den isolirten Zellen das obere Ende nackt, ohne allen Anhang. Nur einmal fand ich solche kleine Bürsten wie die in der Fig. 11 abgebildeten. Ob nun solche Bürsten normal sind, in der Regel aber bei der Präparation abfallen, muss ich unentschieden lassen. Flimmerhaare glaube ich indessen diesen Zellen bestimmt absprechen zu können. Der allerwichtigste Charakter dieser Zellen ist nun das untere Ende, der Ausläufer. Dieser reisst bei den Isolirungsversuchen fast immer in der Nähe des Zellenleibes ab, so dass man nur eine kurze Faser hier findet, wie in der Fig. 9 rechts, 10, 11, 12 abgebildet ist. In glücklichen Zufällen bekommt man doch diesen Ausläufer in längerer Ausdehnung erhalten; in Fig. 13 und 14 liegen zwei solche Zellen vor. Der ausserordentlich feine Ausläufer zeigt oft Varicositäten; er setzt seinen Weg fast gerade fort nach der Grenze der Bindegewebsschicht. Weiter gelang es mir ihn nicht zu verfolgen. Einen wirklichen Zusammenhang dieser Ausläufer mit Nervenfasern darzulegen ist mir deswegen nicht geglückt. Jedenfalls liegen aber in den nun geschilderten Zellen eine von den oben zuerst dargestellten ganz verschiedene Zellenart vor. Wenn in der That von allen diesen Zellgebilden einige mit Nervenfasern zusammenhängen — und dies ist ja im höchsten Grade wahrscheinlich, obwohl nicht hinreichend bewiesen — so müssen es diese Ausläuferzellen sein. Dagegen habe ich die bestimmte Ueberzeugung gewonnen, dass die zuerst beschriebenen Zellen, die langen Cylinder, nicht mit Nerven zusammenhängen. Ihr gewöhnlich zu einer Platte erweiterter Fuss verbindet sich dagegen unmittelbar mit der unter ihnen gelegenen Bindegewebsschicht, oder, richtiger gesagt, mit einem dünnen, wahrscheinlich elastischen Häutchen, welches die äussere Begrenzung dieser Schicht bildet. Mehrmals fand ich dies Häutchen mit dem noch ansitzenden Riechepithel abgelöst; in der Fig. 15 habe ich ein Stück eines solchen Häutchens mit den anheftenden Füssen des

Epithels abgebildet. Solche Häutchen sind, wie erwähnt, sehr dünn; sie zeigen sehr zahlreiche, regelmässige, kleine glänzende Pünktchen, welche zu klein waren, um sicher studirt zu werden. Mir erschienen sie als kleine Verdickungen oder Knötchen; vielleicht heften an ihnen die Füsse der Cylinderzellen; möglicherweise können sie aber auch Durchschnittslöcher der Nervenfasern sein; wie sonst diese letzteren aus der Bindegewebsschicht in das Epithel ausdringen, kann ich nicht sagen. Ich will in dieser Beziehung nur hinzufügen, dass ich nie ein maschiges Nervennetz an der unteren Grenze des Riechepithels oder im unteren Theile desselben gefunden habe.

Wenn man nun diese Befunde aus dem Riechepithel des Petromyzon fluviatilis mit den bei der Myxine glutinosa dargestellten vergleicht, so findet man ohne Schwierigkeit eine ziemlich grosse Uebereinstimmung. Es sind bei beiden Thieren zwei besondere Zellenformen vorhanden, eine Art „indifferenter", eigentlicher Epithelzellen (Stütz- oder Isolirungszellen), und eine Art Zellen, die, wahrscheinlich mit den Riechnervenendigungen verbunden, die wahren Riechzellen darstellen. Und somit stimmen auch diese Thiere mit den übrigen bisher untersuchten überein. Die Schultze'sche Lehre möchte dadurch noch eine Stütze erhalten haben. Damit sei aber nicht gesagt, dass es nicht andere Thiere geben könne, deren Riechepithel nach anderen Gesetzen gebaut seien. Dies ist ja immer noch eine Möglichkeit.

Die hier gelieferte Darstellung vom Riechepithel des Petromyzon stimmt fast vollständig mit derjenigen von Langerhans gegebenen überein; nur sind die eigentlichen Epithelzellen von mir etwas genauer beschrieben und abgebildet, und in Betreff der Riechzellen konnte ich nur einmal den Besatz von starren Haaren finden. Langerhans wollte nicht entscheiden, ob ausser den langen eigentlichen Epithelzellen noch ähnlich gestaltete vorkommen, die nicht die untere Grenze des Epithels erreichen; dies glaube ich mit Sicherheit verneinen zu können. Mit der Darstellung Foettinger's stimmt meine Beschreibung so ziemlich in Betreff der eigentlichen Epithelzellen überein; dagegen scheint er die wirklichen Riechzellen nicht gesehen zu haben. Dies kann ich aber hinsichtlich der Schilderung Exner's nicht sagen; er hat wahrscheinlich beide Zellenarten vor sich gehabt; aber auch wahrscheinlich durch die Präparationsflüssigkeiten verändert, in nicht ganz normaler Gestalt. Eben solche Gebilde wie die von Exner gezeichneten fand ich massenhaft im Material, welches in schwachen Chromsäurelösungen und kurze Zeit in Müller'scher Flüssigkeit aufbewahrt wurde. Nur die Ueberosmiumsäure gab mir ganz entscheidende Ergebnisse und naturgetreue Gebilde. Indessen will ich hier hinzufügen, dass ich auch ziemlich lange mich in Unsicherheit betreffs der wahren Riechzellen befand; erst bei ganz

guter Erhärtung erhielt ich dann eine Menge überzeugender Bilder. Im Allgemeinen scheinen doch die eigentlichen Epithelzellen zu überwiegen; die Riechzellen liegen zwischen ihnen eingestreut, möglicherweise sind sie dabei stellenweise spärlich vorhanden. In Folge des reichlichen Flimmerbesatzes der Epithelzellen ist es sehr schwierig, durch eine Ansicht von der Oberfläche her eine Auffassung von der relativen Anzahl und der Anordnung der Riechzellen zu erhalten. Ebenfalls möchte ich zugeben, dass bei Petromyzon die Gestalt der beiden Zellenarten nicht so auffallend von einander verschieden ist wie bei anderen Wirbelthieren und auch bei Myxine. Wirkliche Uebergangsformen zwischen Riechzellen und den Epithelzellen finden sich aber meiner Meinung nach gewiss nicht.

Indessen kann ich, obwohl zu anderen Ergebnissen gekommen, diesen Aufsatz nicht abschliessen, ohne hinzuzufügen, dass die Wissenschaft dem Hrn. Exner dankbar sein muss, weil er durch seine Angriffe auf die Schultze'sche Lehre vom Bau des Riechepithels von Neuem die Aufmerksamkeit auf diese interessante Frage gewendet und dadurch gewiss eine Reihe von Arbeiten über dies wichtige Sinnesorgan hervorgerufen hat, wodurch unsere Kenntnisse desselben bereichert worden sind.

Erklärung der Tafel.

Tafel IIIa.

Alle Figuren stellen Zellen aus dem Riechepithel der Myxine glutinosa dar und sind bei Vérick's Obj. Syst. 8 + Ocul. 3, ausgez. Tubus, gezeichnet.

Fig. 1 stellt einen dünnen Vertikalschnitt der in Müller'scher Lösung und dann in Alkohol erhärteten Schleimhaut dar. Links sieht man Stützzellen (eigentliche Epithelzellen) und Riechzellen in ihrer natürlichen Anordnung und am Rande eine Riechzelle mit isolirtem centralem Ausläufer; rechts erscheinen zwei ganze und vier abgebrochene Stützzellen, von welchen die Riechzellen weggefallen sind. Unten findet man die Stützzellen mit breiten abgeplatteten Fussscheiben am oberflächlichsten Theil der Bindegewebsschicht der Schleimhaut.

Fig. 2—6. Isolirte vollständige Stützzellen mit anhaftenden Riechzellen verschiedener Gestalt. Ueberosmiumsäure.

Fig. 7. Die unteren Enden von zwei abgerissenen Stützzellen, an der Bindegewebsschicht ansitzend. Müller'sche Lösung, Alkohol.

Fig. 8. Das obere Ende einer Stützzelle, schief von oben gesehen.

Fig. 9. Eine kleine Partie des Riechepithels von oben gesehen; zwischen den grösseren polygonalen Platten der Stützzellen erscheinen die kleinen rundlichen Enden der Riechzellen eingeschoben.

Tafel IIIb.

Alle Figuren stellen mit Ueberosmiumsäure erhärtete und bei Vérick's Obj. Syst. 8 + Ocul. 3, ausgez. Tubus, gezeichnete Elemente des Riechepithels von Petromyzon fluviatilis dar.

Fig. 1—8 stellen isolirte Stützzellen verschiedener Gestalt dar.

Fig. 9 stellt zwei beisammenliegende Stützzellen und eine Riechzelle dar.

Fig. 10—14 stellen Riechzellen verschiedener Gestalt dar.

Fig. 15 stellt die unteren Fussenden einiger Stützzellen an einem Stück des die Oberfläche der Bindegewebsschicht bekleidenden Häutchens dar, an welchem die Stützzellen angeheftet sind.

Die inspiratorische Wirkung des M. serratus posticus inferior.

Von

Dr. Albert Landerer.

Gearbeitet auf der topographisch-anatomischen Abtheilung des Prof. Braune.

Der M. serratus posticus inferior ist lange Zeit allgemein als Exspirationsmuskel aufgefasst worden, wir finden diese Anschauung bei Donders,[1] Funke,[2] Hermann Meyer,[3] Hermann,[4] Vierordt,[5] Cruveilhier[6] und Anderen mehr.

Der diese Anschauung leitende Gedanke war, dass Inspirationsact und Hebung des Thorax, bez. der Rippen, gleichbedeutend und dass demzufolge der M. serratus posticus inferior — zweifellos ein Herabzieher der Rippen — somit ein Antagonist der Inspirationsmuskeln, ein Ausathmungsmuskel sein müsse.

Der Erste, der von dieser Ansicht abweicht, ist Henle,[7] indem er den Muskel, als einen Synergisten des Zwerchfells, mit dem Inspirationsact in Beziehung bringt. Nach Henle ist dem Zwerchfell erst dadurch volle Action ermöglicht, dass der Serratus posticus inferior die untersten, gerade

[1] *Physiologie des Menschen.* Deutsche Ausgabe von Theile 1859.

[2] O. Funke's *Lehrbuch der Physiologie,* herausgegeben von Grünhagen. 1876. S. 285.

[3] *Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes.* 1874.

[4] Hermann, *Grundriss der Physiologie des Menschen.* 1874.

[5] Vierordt, *Grundriss der Physiologie des Menschen.* 1871.

[6] Cruveilhier, *Traité d'anatomie déscriptive.*

[7] *Handbuch der Muskellehre des Menschen.* S. 102.

beweglichsten Rippen dem einwärts aufwärts gerichteten Zuge des Zwerchfelles entgegen, fixirt. Gegen ihn wendet sich Luschka,[1] welcher in dem Druck der Baucheingeweide ein genügendes Widerlager für die Action des Zwerchfelles erblickt und die Hebung der untersten Rippen nach aufwärts-auswärts und Fixation in dieser Stellung in die Levatores costarum verlegt.

Aus Anlass von Untersuchungen am Cadaver, welche die Messung der Excursionen des künstlich respirirenden Thorax zum Gegenstand hatten,[2] machte ich die Beobachtung, dass bei der Inspiration — am Auffallendsten war dies in der Seitenlage — die Insertionspuncte des Serratus posticus inferior sich gegenseitig annäherten. Im Gegensatz zu den Ansichten Derer, die, wie z. B. Luschka a. a. O., eine Bewegung der unteren Rippen nach aufwärts betonen, constatirte ich z. B. an der 12. Rippe nie eine Bewegung nach aufwärts, auch an den anderen unteren Rippen nur Aufwärtsbewegungen von wenigen Millimetern, constant aber Auswärtsbewegungen. In der Seitenlage jedoch betrug die Bewegung der 12. Rippe — 6 ^{mm} nach abwärts, 11 ^{mm} nach der Wirbelsäule hin, bei 27 ^{mm} nach auswärts, d. h. von der Medianebene des Körpers ab — eine Verschiebung, welche so ziemlich der muthmasslichen Bewegungsrichtung des M. serratus entspricht. Diese Beobachtungen veranlassten mich, auf die Frage seiner Beziehung zur Inspiration näher einzugehen.

Schon die topographische Betrachtnng legt den Gedanken nahe. Beachtenswerth ist die Gleichheit des Faserverlaufes des M. serratus posticus inferior mit den Mm. intercostales interni, die sofort in die Augen fällt, wenn man an einem Thorax sämmtliche Muskeln mit Ausnahme der Intercostales interni und des Serratus inferior wegnimmt; man sieht dann, von der Wirbelsäule ausgehend, durch die Rumpfwand gleichsam Einen Muskelzug lateralwärts ansteigen. Wenn auch A. W. Volkmann[3] für die Intercostales interni die inspiratorische Wirkungsweise sehr wahrscheinlich gemacht hat, so verzichte ich doch darauf, aus dieser Gleichheit der Faserrichtung denselben Schluss auch auf den Serratus ziehen zu wollen; ich halte es für um so weniger berechtigt, als z. B. auch der nach abwärts sich an den Serratus anschliessende Obliquus abdominis internus eine von diesem nur wenig abweichende Faserrichtung und doch jedenfalls eine ganz differente Wirkung hat.

---

[1] *Anatomie der Brust*, S. 164.

[2] Ich werde die Methode und Resultate dieser Untersuchungen noch eingehend veröffentlichen.

[3] Zur Lehre von den Intercostalmuskeln. *Zeitschrift f. Anat. nnd Entw.* 1877. Bd. II.

Am Wichtigsten ist die Beziehung des Muskels zum hauptsächlichsten Athmungsmuskel, zum Zwerchfell. Ich habe dieses Verhältniss an mehreren Leichen sorgfältigst untersucht. Es war zu diesem Zweck bei unverletzter Brusthöhle von der Bauchhöhle aus das Diaphragma mit Gips fixirt, und dann unter Herausnahme der Weichtheile der Intercostalräume das Zwerchfell an seiner oberen Fläche präparirt; es fand sich hierbei, dass die unteren, d. h. ihrem Costalursprung noch nahen und in der (fixirten) Exspirationsstellung knapp an der Thoraxwand ansteigenden Theile des Zwerchfelles mit ihrer Faserung fast genau in der Richtung der Intercostalräume verlaufen, ziemlich parallel mit den (gleichfalls so weit als möglich erhaltenen) Fasern des Obliquus abdominis externus; mit der Faserung des M. serratus posticus inferior bilden sie einen nach unten offenen Winkel von circa 90—100°. Erst wenige Finger vom Centrum tendineum biegen die Zwerchfellfasern nach innen und je nach ihrer Lage vorn oder hinten um. Das Verhältniss der Ursprünge des Zwerchfelles zu den Ansätzen des Serratus wurde an einer in der Medianlinie halbirten Brustwand untersucht und hier zeigte es sich, dass von direct nachbarlichen Beziehungen, wie sie Henle anzunehmen scheint,[1] höchstens an der 11. Rippe die Rede sein kann. An der 12. Rippe befindet sich der Zwerchfellursprung um 2—3 cm weiter nach der Medianlinie zu, als der Serratusansatz; an der 11. Rippe erreicht der vordere Rand des Serratusansatzes gerade noch die Höhe des hinteren Randes des Zwerchfellansatzes, so dass man über die hintere Fläche der Rippe einzelne Sehnenstränge vom Serratus zum Zwerchfell hinübergehen sieht. An der 9. und 10. Rippe, wo das Diaphragma an den Knorpeln, der Serratus an den Angulis der Rippen inserirt, sind die beiden Muskelinsertionen 4, bez. 8—10 cm von einander entfernt. Die Beziehungen zu den übrigen an den unteren Rippen inserirenden Muskeln sind bekannt, jedenfalls hier nicht direct interessirend.

Für die Darlegung der Vorgänge beim Athmungsmechanismus in den einzelnen Thoraxpartien ist zunächst die Kenntniss der Wirkung der Muskeln einzeln auf die Bewegung der Rippen, zunächst der Wirkung des Zwerchfells wichtig. Der Zug desselben ist ein nach einwärts-aufwärts gerichteter, dies ist nicht nur a priori anzunehmen, sondern auch direct nachgewiesen von Duchenne de Boulogne,[2] es ist ausserdem eine alte klinische Erfahrung, dass

[1] Henle, *Handbuch der Muskellehre*, 1858, S. 102: „Der M. serratus post. inf., der sich an den unteren Rand der vier unteren Rippen gerade da ansetzt, wo von deren oberem Rande die Zwerchfellzacke abgeht."

[1] *Physiologie des mouvements*, p. 620: à l'instant, où le diaphragme s'est contracté, les côtes, auxquelles il s'insère, ont été attirées en dedans.



bei katarrhalischer Pneumonie der Kinder das mit höchster Energie arbeitende Zwerchfell die charakteristischen Einziehungen der untersten Rippen (einwärts-aufwärts) bedingt. — Um so auffälliger muss es desshalb erscheinen, dass die untersten, ungemein beweglich, mit den Wirbelkörpern verbundenen Rippen nicht auch in der Norm dem Zug des Zwerchfells folgen. Der Gegendruck der Baucheingeweide, wie Luschka annimmt, ist für das Zwerchfell irrelevant; dies lehrt ein Blick in die Bauchhöhle eines Laparotomirten mit ausgiebigem Bauchschnitt; das Zwerchfell arbeitet in diesem Fall ruhig weiter, obgleich der Gegendruck der Baucheingeweide völlig fehlt, und auch in dem Verhalten der unteren Rippen zeigt sich keine auffällige Aenderung; wenn diese nun im Leben trotzdem dem Zuge durchaus nicht folgen, sich sogar noch, demselben entgegen, constant nach auswärts bewegen, so ist die einzige Erklärung hierfür darin zu suchen, dass sie eine Feststellung durch Muskelaction erleiden, da auch ihre Gelenk- und Bandverbindung nicht zur Fixirung genügt. Für die nach aufwärts gerichtete Componente des Zwerchfellzuges lassen sich Gegenwirkungen finden ausser dem Serratus für die 12. Rippe in dem M. quadratus lumborum, dessen Zugwirkung sich durch die Intercostales interni auch auf die folgenden Rippen fortsetzt, für den Zug nach einwärts (vorwärts) aber ist nirgends ein Halt, wohl an den oberen, nicht aber an den Costae fluctuantes. — Dass der M. serratus posticus inferior die geforderte Wirkung auszuüben im Stande ist, wird die folgende Betrachtung zeigen, die auf der vergleichenden Untersuchung von 25 Leichen beruht. Zunächst eine kurze Notiz über die Zahl der Zacken des Muskels. Henle a. a. O. S. 31 sagt: „Die oberste und unterste sind in der Regel nur schmal und fehlen nicht selten vollständig." Die oberste Zacke, welche an die 9. Rippe inserirt, fand sich allerdings öfters nicht vor, in 3 Fällen beiderseits, in 5 einseitig, die unterste an die 12. Rippe inserirende dagegen habe ich gar nie vermisst, sie schien wohl oft zu fehlen, war aber nur von der an die 11. Rippe ansetzenden Zacke überlagert, hob man diese auf, so fand man stets einen gedrungenen bis 5 ^{mm} dicken Muskelstrang an die 12. Rippe sich inseriren. Dieselbe übertrifft an Querschnitt die übrigen Zacken, die nur bis durchschnittlich 3 ^{mm} betragen. Die Richtung der Faserung ist eine schräg von unten innen nach aussen oben ansteigende, wobei die unteren Fasern oft einen steileren Verlauf zeigen, als die der oberen Zacken. — Für das Verständniss der Wirkungsweise ist die Kenntniss der relativen Lage von Ursprung und Ansatz unerlässlich. Als Ursprung wird man physiologisch correct die Dornfortsätze der Lendenwirbel und das Ligamentum apicum ansehen können — die Sehnenfasern des Serratus lassen sich ohne Mühe durch die Fascia lumbodorsalis, mit der sie am Rande des Erector trunci verschmelzen, bis zur Wirbelsäule verfolgen, einige Male gelang es mir sogar, sie deutlich bis zum Dornfortsatz des 5. Lendenwirbels zu erkennen;

die Ansätze liegen in einer nur wenig höheren Ebene, an der obersten Zacke liegt derselbe nur 2—4 ^{cm} höher als der Ursprung, und auch an den unteren ist die senkrechte Differenz zwischen Ursprungs- und Ansatzebene nicht über 6 ^{cm}; der Muskel zeigt einen entschieden der Horizontalen sich mehr annähernden Verlauf, als es in manchen Atlanten dargestellt wird, eine Thatsache, die auch z. B. Cruveilhier in seiner *Anatomie déscriptive* hervorhebt. Viel auffälliger dagegen ist die Differenz zwischen zwei durch Ursprung und Ansatz gelegten senkrechten Ebenen, hier findet sich z. B. an der 9. Rippe zwischen einer durch die Dornfortsatzreihe und die Ansatzstelle gelegte Senkrechten eine Distanz von p. p. 13 selbst 14 ^{cm}, an der 10. circa 12 ^{cm}, an der 11. 10 ^{cm}, an der 12. 8 ^{cm}. Der Winkel, den die Serratusfaserung mit der Medianebene (Dornfortsatzreihe) in senkrechter Ebene macht, beträgt zwischen 50 und 60 ^{0}; derjenige, welchen sie in horizontaler Ebene mit ihr bildet, circa 70 ^{0}.

Dass der M. serratus posticus inferior ein Auswärts-Abwärtsziehen der Rippen ist, ist zweifellos, aus der Vergleichung der Distanzen der Insertionen in senkrechter und horizontaler Ebene lässt sich auch ungefähr ein Schluss ziehen auf die gegenseitigen Verhältnisse der beiden Componenten, in welche der Serratuszug zerlegt werden muss, den Zug nach abwärts und den nach auswärts. Beachtenswerth ist ferner die Grösse der Einfallswinkel dieser Componenten an den Axen der Rippen. Nehmen wir z. B. die Axe der 10. Rippe, dieselbe verläuft nach A. W. Volkmann's[1] Untersuchungen, die ich nach meinen eigenen Versuchen nur bestätigen kann, in horizontaler Ebene, sie bildet also mit der Medianebene (Dornfortsatzreihe) einen Winkel = *R*, geht nun die Faser des Serratus von der Dornfortsatzreihe unter einem Winkel von 60 ^{0} ab, so bleibt als Einfallswinkel der in senkrechter Ebene liegenden Componente, d. h. der Herabziehung der Rippe, ein Winkel von circa 30 ^{0}. In horizontaler Ebene bildet dieselbe Rippenaxe mit der Medianebene einen Winkel von 44 ^{0},[2] bei einem Abgangswinkel der Faser von der Medianebene (auf einem Horizontalschnitt gemessen) in dieser Ebene von circa 70 ^{0} ergiebt sich ein Einfallswinkel der in horizontaler Ebene wirkenden Componente von circa 66 ^{0}. Man sieht daraus, dass der grössseren Componente auch der günstigere Einfallswinkel entspricht, und kann mit grösserem Recht den Schwerpunkt der Wirkung des Muskels in die Auswärts-Rückwärtsbewegung der Rippe, als in die Abwärtsbewegung verlegen; und damit findet sich in dieser Componente der Serratuswirkung die oben

---

[1] Zur Mechanik des Thorax. *Zeitschr. f. Anat. u. Entw.* 1876. Bd. I, S. 150.

[2] A. a. O. S. 147.

geforderte Gegenwirkung gegen den einwärts (vorwärts) gerichteten Zug des Diaphragma auf die Rippe gegeben.

Diesen Muthmassungen möge folgendes Experiment an der Leiche als Stütze dienen. Eine Leiche, welcher der Kopf mit den zwei obersten Halswirbeln abgeschnitten war, wurde auf dem Fussbrett eines Galgens so befestigt, dass ein in die Wirbelsäule eingetriebener Stahlstab in eine Gabel des über der Leiche wegragenden Querbalkens des Galgens eingeklemmt wurde. Die Leiche sass somit völlig frei, in ihren Athemexcursionen, welche durch eine luftdicht in die Trachea eingesetzte Canüle vermittelt wurden, in nichts gehindert. Nachdem Ansatz und Ursprung des Serratus genau markirt und an den Ansatzstellen Schrauben in die Rippen eingetrieben worden, wurden die Weichtheile des Brustkorbs abgetragen und auch die Intercostalmuskeln in den unteren Zwischenräumen mit sorgfältiger Schonung der Pleura herauspräparirt. Die Canüle wurde mit einem Manometer mit absolutem Alkohol verbunden, in die Schrauben an der 10.—12. Rippe Schnüre eingesetzt und nun an den Rippen in der Richtung der einen und der anderen Componente, so wie in der Richtung der Faserung ein Zug ausgeübt. Besonders bemerkenswerth sind die Resultate, die erzielt wurden, nachdem das Sternum durch einen in dasselbe eingesetzten scharfen Haken von einem über der Leiche befindlichen Assistenten in die Höhe gezogen und somit die inspiratorische Hebung des Thorax nachgeahmt war, durch Zug im Sinne des Serratus liess sich dann das Eingreifen dieses Muskels in den Inspirationsact nachahmen und messen. — Die Erhebung des Sternums hatte für sich allein ein Ansteigen der Flüssigkeit im inneren Schenkel des Manometers (also im Sinne der Inspiration) von 12 ^{mm} veranlasst. Es ergab nun, an der 12. Rippe Zug senkrecht nach abwärts ein Ansteigen im inneren Schenkel von 3—4 ^{mm}, an der 11. 2·5—3·5 ^{mm}, an der 10. 2 ^{mm}; Zug nach rückwärts an der 12. Rippe 2—3 ^{mm}, an der 11. 3—4·5 ^{mm}, an der 10. Rippe 4·5—5·0 ^{mm}. Zug im Sinne der Serratusfaserung an der 12. Rippe 2—5·5 ^{mm}, an der 11. Rippe 3·0—3·5 ^{mm}, an der 10. Rippe 1·1—5 ^{mm}. Zug im Sinne des Serratus nach Hebung des Sternums ergab an der 12. Rippe einen Zuwachs (zu den durch die Hebung des Sternums bedingten 12 ^{mm}) von 8 ^{mm}, an der 11. von 4 ^{mm}, an der 10. von 3 ^{mm}. Zug an allen drei Rippen in Serratusrichtung gab — ohne Erhebung des Sternums ein Ansteigen von 4—5 ^{mm}, nach Erhebung des Sternums einen Zuwachs von 8·5—10 ^{mm}. Der Ausschlag ist nicht gross bei diesen Messungen, aber mit Rücksicht darauf, dass auch durch die Erhebung des Sternums nur ein Ausschlag von 12 ^{mm} erzielt war, genügend.

Die auffallend erscheinende Beobachtung, dass in den unteren Thoraxpartien Bewegung der Rippen nach abwärts inspiratorisch wirkt, hat sich mir auch bei Gelegenheit anderer Untersuchungen bestätigt.

Die Wirkung des M. serratus posticus inferior ist daher nach meiner Ansicht die, dass er nicht allein, wie schon Henle annimmt, die untersten Rippen dem Zwerchfell entgegen fixirt und dadurch die Inspiration indirect unterstützt, sondern dass er auch, ob constant oder nur bei energischer Contraction vermag ich nicht zu entscheiden, durch die von ihm den untersten Rippen mitgetheilte Bewegung selbständig inspiratorisch wirken kann.

Das kindliche Becken.

Von

C. Hennig.

(Hierzu Tafel IV.)

Nachdem ich früher[1] an einem anderen Orte die Frage zur Beurtheilung vorgelegt habe, wie weit die Descendenzlehre in Verfolgung des Planes zu gehen berechtigt sei, welcher der Entfaltung des menschlichen Beckens zu Grunde liegend gedacht werden könne, und nachdem ich gezeigt habe, dass die Breitenzunahme des Grundpfeilers im Becken, des Kreuzbeines, ein Ueberholtwerden des Knaben durch das Mädchen im 7. Lebensjahre nachweisen lasse: so trete ich jetzt an die Einzelbetrachtung der Räumlichkeiten des kindlichen Beckens während seines Wachsthums näher heran.

Ich habe bis jetzt achtzig Becken von Kindern im Alter von 0 bis 15 Jahren, aber von diesen nur wenige vollständig messen können, weil die meisten Kinder im Leben gemessen wurden und weil einige Becken während des Skeletirens zerfielen.

Die zuverlässigste Methode ist allerdings die von Fehling gewählte des Aufhebens der präparirten Becken in mittelstarkem Weingeist. Nächstdem ist von hinreichender Treue für die gewöhnlichen Messungen das Zubereiten der kleinen Becken nach der von Balandin befolgten Art: das frische Becken wird, bis auf die Bänder der Weichtheile beraubt, mit Gypsbrei ausgegossen und so getrocknet. Die meisten meiner Becken unter dem 10. Lebensjahre sind auf diese Weise zubereitet.

An den trockenen Becken hat man den Vortheil, die Verknöcherungsgrenzen und Inseln deutlicher zu erkennen als am frischen und am Spirituspräparate. Bei den ohne Gyps dargestellten trockenen Becken habe ich die gefundenen Maasse des Beckeneingangs und der Höhle, dann auch den geraden Durchmesser des Ausgangs entweder durch das frische Präparat

[1] S. *Deutsche med. Wochenschrift.* 1879.

controlirt oder auf den Normalzustand zurückgerechnet. Es wurde nämlich schon mehrfach erwähnt, dass während des Trocknens ohne Gypsfüllsel das kleine Becken sich längsstreckt, hauptsächlich durch Zurückweichen des Kreuzbeines um bez. 2 bis 5 ^{mm}. Im Ausgange dagegen tritt das Schwanzbein, während es schrumpft, beträchtlich nach innen, besonders in den noch sehr jungen, weichen, mehr knorpeligen Exemplaren.

Die schwächste Reihe in meinen Tabellen ist die der Gewichte. Das Körpergewicht konnte nur in wenigen Fällen dem Gewichte des zugehörigen Beckens an die Seite gestellt werden und würde einen absoluten Werth nur dann haben, wenn das frische Becken allein gewogen wäre. Aus anthropologischen Gründen und zum Zwecke der Geburtslehre pflegt man aber etwa zwei Lendenwirbel und das obere Drittel der Oberschenkelknochen am Becken zu lassen. Des Vergleichs wegen habe ich in den hier weggelassenen Tabellen immer angegeben, ein wie langes Stück Schenkelknochen am betreffenden Becken belassen worden ist.

Da nun aber die Zahl der belassenen Lendenwirbel zwischen 0 und 3 schwankt, eine Reihe Becken in Weingeist aufbewahrt wird, eine andere trocken: so können die Becken des nahezu gleichen Kindesalters nur mit ähnlich behandelten unter einander auf das Gewicht verglichen werden. Doch musste ein Anfang vorhanden sein, und in diesem Sinne habe ich die einzelnen Gewichtsangaben nicht unterdrückt.

Die Tabellen wurden nach dem Vorgange von Franque, H. Fritsch, Fehling und Filatoff angelegt; ich habe die Maasse des zugehörigen Schädels möglichst hinzugefügt und mich über die Nothwendigkeit, den Abstand der Trochanteren u. a. m. hinzuzufügen, in meinen Vorträgen über das Rassenbecken[1] ausgesprochen.

Unter meinen Kinderbecken ist nur die kaukasische Rasse, einmal aber in der slavischen Abart (Becken Nr. 14) vertreten. Des Vergleichens halber sind auch zwei rachitische Becken, ein weibliches (Nr. 8) und ein männliches (Nr. 13) mit aufgenommen worden; ausserdem ein coxalgisch mässig querverengtes.

A. Beschreibung der skeletirten Becken.

I. Becken eines neugeborenen Mädchens; Nr. 2.

Dieses trockene, mit seinen Bändern versehene Becken gehörte einem reifen Mädchen an, welches der Kephalothrypsis unterworfen werden musste. In solchem Zustande ragt die Spitze des Schwanzbeins bis zur Hälfte der

[1] S. *Archiv für Gynaekologie,* 1877, Bd. XII, S. 273; und 1878, Bd. XIII.

Höhle des kleinen Beckens; die Bandscheibe zwischen dem letzten Lenden- und dem 1. Kreuzwirbel ist so eingeschrumpft, dass sie vorn nur wenig mehr als ein Drittel der Höhe des letzten Lendenwirbels ausmacht. Der 4. Lendenwirbel ist im sagittalen Durchmesser etwas kürzer weggekommen als seine Nachbarn und tritt besonders in der Profilansicht etwas zurück hinter die Vorderfläche des 3. Lendenwirbels. Die grösstentheils verknöcherten Wirbelbogen sind noch nicht mit den Wirbelkörpern verschmolzen, die Spinae des 4. und 5. Lendenwirbels und aller Kreuzwirbel noch stumpf und knorpelig, der rechte Flügel des ersten falschen Wirbels gegen den linken in der Breite des Knochenkernes etwas zurückgeblieben, und die Höhe des knorpeligen Darmbeinkammes beträgt (trocken) 7 ^{mm}, also mehr als $^1/_4$ der Höhe der ganzen Schaufel. — Das Schwanzbein weist nur im obersten Wirbel einen Knochenkern (4 ^{mm} breit) auf.

Die Darmbeinplatten dieses ziemlich regelmässigen, sehr offenen, fast flachen Beckens sind ausserordentlich und mehr als bei neugeborenen Knaben nach aussen geneigt, nämlich rechts 120°, links 130°, während Fehling[1] als Durchschnitt für die Knaben 143·5°, für die Mädchen 154·4° Neigungswinkel angiebt. Dagegen ist der Schamwinkel klein = 52°.

Der Beckeneingang ist fast vollkommen rund und bleibt in allen Durchmessern 1 bis 3 ^{mm} hinter dem der deutschen Neugeborenen, im Mittelmaasse genommen, zurück; besonders eng ist der Ausgang im Querdurchmesser, dagen überragt die Länge des Pars pelvina ilium die Altersgenossen, auch die männlichen, beträchtlich.

Die Höhe der Schamfuge tritt mehr unter den Durchschnitt als deren Breite.

Die Abstände der Spinae ant. sup. hinwiederum und der Cristae il. überragen um 3 bis 4 ^{mm} die Mittelmaasse, während die Dist. sp. post. etwas hinter ihnen zurückbleibt.

Die Länge des Kreuzbeins ist um $^1/_2$ ^{cm} zu kurz gekommen; das Schwanzbein misst in der Längssehne 12, quer 11 ^{mm}.

Die grossen Hüftausschnitte sind auffallend weit und schön gerundet mit etwas nach vorn gezogenem Bogen, die eirunden Löcher 5eckig — die untere innere Seite länger als die oberste.

Der Wirbelkanal misst im 3. Lendenwirbel 10 sagittal, 14 frontal.

Die Höhenmaasse der unteren 3 Lendenwirbelkörper sind:

(vorn) III.	8 ^{mm}	Die Breiten:	19
IV.	8		19
V.	9		17

[1] Dessen andere Messungsart s. *Archiv für Gynäkologie.* 1876. Bd. X. S. 35.

Der Kreuzwirbelkörper			Höhen:		Breiten:	
„	„	I		8		16
„	„	II		8		15
„	„	III		6		14
„	„	IV		6		12
„	„	V		5		9·5

Die unteren Lendenwirbel bilden mit den oberen Kreuzwirbeln einen nach rückwärts offenen Winkel von 138°; die Lendenwirbel mit dem Oberschenkelbeine einen nach vorn offenen Winkel von 166°.

II. Becken eines sechsmonatlichen Mädchens; Nr. 5.

Das Kind starb am 17. Dec. 1874 an Masern und Lungenentzündung.

Dieses Becken ist mit Gyps frisch ausgefüllt und seiner Bänder noch theilhaftig. Es ist, wie das vorige, mit einem Stück der Oberschenkelbeine im Zusammenhange gelassen. Es ist auffälliger Weise in der linken Hälfte kräftiger angelegt und etwas höher als in der rechten — sonst aber ein schönes, den weiblichen Typus anstrebendes Becken. Trotz der vermeldeten Präparationsweise ragt das Schwanzbein immer noch bis zur Hälfte des Beckenausgangs herein, ist aber nicht, wie das vorige, nach oben gebogen. Die Bandscheibe zwischen dem letzten Lenden- und dem 1. Kreuzwirbel macht nur $^1/_4$ der vorderen Höhe des Lendenwirbels aus, wogegen die zwischen dem 4. und 5. Lendenwirbel 3 mm, also mehr als $^1/_3$ so hoch als der 4. Lendenwirbel ist. Vom 3. Lendenwirbel ist nur die kleine Hälfte am Becken belassen. Der 4. Lendenwirbel tritt schon in deutlichen stumpfen, nach hinten offenen Winkel gegen den 5.

Auch an diesem Becken sind die Wirbelbogen noch nicht mit den Körpern verschmolzen, doch treten genannte Stücke im 3. Lendenwirbel dicht an einander. Die Spinae sind nahezu geschlossen und knöchern.

Auch an diesem Becken ist merkwürdiger Weise der rechte Flügel des 1. Kreuzwirbels etwas (um 1 mm) kürzer als der linke.

Der knorpelige Theil des Darmbeinkammes beträgt nur noch den 7. Theil (4 mm) der Höhe der ganzen Schaufel.

Das Kreuzbein besteht aus nur vier Wirbeln; allerdings vertritt den 5. Lendenwirbel, welcher mit seiner Mitte fast 1 cm unterhalb der Cr. il. steht, gewissermaassen den obersten Kreuzwirbel: aber seine Querfortsätze erreichen nicht das Hüftbein.

Das Schwanzbein ist in der Verknöcherung weit hinter dem Becken Nr. 2 des Neugeborenen zurückgeblieben — es hat einen Knochenkern von höchstens (quer) 2 mm.

Die noch sehr flachen Darmbeinschaufeln sind nicht so stark als bei Nr. 2 nach aussen geneigt. In diesem Alter tritt zuerst die durch-

scheinende Stelle auf, welche, durch Ueberhandnahme der Havers'-schen Kanälchen entstehend, ein Kennzeichen des menschlichen Beckens höher entwickelter Rassen ist. Sie beträgt an vorliegendem Exemplare etwa den 4. Theil der Schaufel und liegt ihrem oberen hinteren Winkel am nächsten. Auch beginnt der Sulcus praeauricularis, jene für Muskel- und Muskelbinden bestimmte Furche der Pars pelvina oss. il. merkbarer zu werden, besonders rechts.

Der Schamwinkel ist noch kleiner als an vorigem Becken, auch die Neigung des Beckeneingangs gering.

Der Beckeneingang ist vollkommen rund, dabei geräumig; besonders geräumig fallen Beckenhöhle und Ausgang aus, worin namentlich der Sp.-isch.-Durchmesser vorsticht.

Das linke Darmbein ist, wie schon angedeutet, auch in der Schaufel länger als das rechte, und der Sacraltheil übertrifft den Beckentheil um 5^{mm}.

Die Schamfuge ist nur 2^{mm} breiter als hoch, da der verknöcherte Theil des absteigendes Astes der Schambeine noch wenig den schmalen Knorpel erfüllt hat.

Die Dist. crist., im Betrage 7^{mm} mehr als die Dist. spin., lässt auf ein rein weibliches Becken schliessen, während die Dist. spin. post. = 32^{mm} ebenfalls auf normales Wachsthum deutet.

Das Kreuzbein ist in der Breite zurückgeblieben, in der Länge verhältnissmässig fortgewachsen.

Das Schwanzbein hat zum grössten Querdurchmesser 13, zum Längsdurchmesser 12^{mm}.

Die grossen Hüftausschnitte ähneln denen des Neugeborenen, der linke ist oben breiter und flacher. Von den eirunden Löchern ist das rechte eiförmig, das linke verkehrteiförmig und etwas nach hinten oben ausgeschweift.

Der Wirbelkanal misst im 3. Lendenwirbel 10 sagittal, 18 coronal, hat sich also seit der Geburt nur verbreitert.

Maasse der zwei unteren			
Lendenwirbelkörper . .	IV	Höhen: 9	Breiten: 17
„	V	9	17
Kreuzwirbelkörper . . .	I	Höhen: 8	Breiten: 15
„ . . .	II	7	14
„ . . .	III	7	13
„ . . .	IV	6	11

Der Lenden-Kreuzwinkel (vergl. S. 26) beträgt 152°, der Lenden-Schenkelwinkel 167°.

III. Becken eines 1jährigen Mädchens; Nr. 6.

Das Kind starb am 6. April 1877 in Leipzig an Bronchitis und Atelektasis der Lungen. Der Brustkorb war deutlicher rachitisch als die oberen Gliedmaassen; die unteren waren normal. Das Becken wurde frisch mit Gyps zubereitet, dann halbtrocken, in seinen Bändern gelassen, sagittal durchschnitten. Zwei Lendenwirbel sind daran, nicht aber die Oberschenkel.

Dieses Becken ähnelt am meisten denen der weiblichen Neugeborenen, namentlich im Profil der Wirbelsäule; es ist etwas niedrig und in dem zum grossen Becken gehörigen Theile der Darmbeine offen.

Das Schwanzbein erreicht nicht die Hälfte des geraden Durchmessers des Beckenausgangs.

Die Bandscheiben zwischen dem 5. Lenden- und 1. Kreuzwirbel einerseits und dem 1. und 2. Kreuzwirbel andererseits sind unter einander gleich hoch = 4 ^{mm} und mehr als $^1/_3$ so hoch wie die zugehörigen Wirbelkörper. Die beiden vorhandenen Lendenwirbel liegen an ihrer Vorderfläche in gleicher senkrechter Linie.

Der Bogen des 4. Lendenwirbels ist in der Verknöcherung weiter fortgeschritten als der 5., beide zeichnen sich jedoch durch kräftige Anlage aus. Die Dornfortsätze tragen nur noch an ihrem hinteren Umfange eine dünne Knorpelschicht.

Merkwürdiger Weise ist auch an diesem Becken, wie an den bisher beschriebenen, der rechte Flügel des 1. falschen Wirbels (um 1 ^{mm}) kürzer als der linke. Auffallend hoch ist der knorpelige Theil des Darmbeins (7 ^{mm}, während die Kammhöhe 30 ^{mm} im Ganzen beträgt).

An das aus 5 hinten klaffenden Wirbeln bestehende Heiligenbein schliesst sich das bereits fast ganz knöcherne Schwanzbein.

Die Neigung der Darmbeinschaufeln ist eine fast eben so bedeutende wie der des Neugeborenen Nr. 2.

Diesem Becken mangelt wieder die durchscheinende Stelle; sehr kenntlich tritt dagegen an beiden Darmbeinen der Sulcus praeauricularis auf.

Der Schosswinkel ist der kleinste unter allen meinen Kinderbecken: 35°; die Beckenneigung ebenfalls sehr gering: 52°.

Der Beckeneingang ist nahezu rund, wenig querelliptisch. Die Höhle zeigt das umgekehrte Verhältniss von dem Gewöhnlichen: sie ist viel breiter als lang; der Ausgang wiederum im geraden Durchmesser sehr geräumig — in den queren schmaler als das Becken des Neugeborenen!

Die Darmbeinschaufeln sind hinreichend lang, aber hinten sehr kurz angelegt.

Die Schamfuge ist deutlich breiter als hoch; ihre verknöcherten Schenkel messen 13 ^{mm} von oben nach unten.

Der geringe Unterschied zwischen Sp. und Cr. ist das einzige rachitische Merkmal am ganzen Becken im Sinne der erwachsenen Becken. Die hinteren Darmbeinstacheln sind weit von einander.

Das Kreuzbein ist bereits wenig länger als breit.

Die Maasse des Schwanzbeines sind: quer 13, längs 8 mm.

Die grossen Hüftausschnitte sind schön symmetrisch, kaum nach oben vorn verzogen.

Die Foramina obturatoria sind unten etwas geräumiger als oben.

	Höhe.	Breite.	Dicke.
Körper der Lendenwirbel IV . .	10	19	13
„ „ „ V . .	11	19	12
„ „ Kreuzwirbel I . .	9	18	10
„ „ „ II . .	9	15	9
„ „ „ III . .	8	14	7
„ „ „ IV . .	8	13	5·5
„ „ „ V . .	6	9	4
Wirbelkanal am IV. Lendenwirbel		15	10
„ „ I. Kreuzwirbel		16	9
„ „ III. „		8	2
„ „ IV. „		0	0

Zwischen den Lendenwirbeln besitzen die Bandscheiben deutliche Höhlen, zwischen dem 1. und 2. falschen Wirbel ist nur ein feiner Spalt, welcher den Zwischenräumen weiter abwärts fehlt.

Der Winkel zwischen Wirbelsäule und Kreuzbein ist nur 2° kleiner als beim Neugeborenen; der zwischen Lendenwirbeln und Oberschenkeln etwas grösser als beim $^1/_2$ jährigen Mädchen.

IV. Becken eines circa 1 jährigen Mädchens; Nr. 7.

Am 7. Januar 1880 starb im Leipziger Krankenhause das Kind böhmischer Eltern plötzlich. Die Obduction ergab enorme Thymus (Prof. Cohnheim). Aeltern und Geschwister sind gross und stark; die Muskeln des Gestorbenen fest und schön roth. Anfänglich ward das Alter des Kindes $1^1/_6$ Jahr angegeben, später wieder 6 Monate! Körperlänge (686 mm), Gewicht (8470 grm) und Beckengrösse passen mehr auf das Alter von reichlich 12 Monaten.

Das Becken, mit 2 Lendenwirbeln und einem 75 mm langen Stücke des linken Oberschenkels versehen, ist von mir frisch präparirt und gemessen, dann in verdünntem Weingeist aufbewahrt worden.

Das Becken ist ein wenig schräg, nämlich in seiner Vorderwand nach links verschoben — sonst aber ein typisch gebautes, gefälliges Becken. Die äusseren schrägen Durchmesser correspondiren nicht mit den inneren schrägen, indem das rechte Darmbein in der Pars sacralis 3 mm schmäler als das linke ist. Auf diese Weise wird am äusseren Umfange des grossen Beckens keine Asymmetrie bemerkt. Auch an diesem Becken tritt die Spitze des Schwanzbeines hinter die Mitte des Ausgangs zurück.

Der Vorberg ist, wie beim Neugeborenen, noch hoch über dem eigentlichen Beckeneingange und bildet nicht eine scharfe Kante; der oberste Kreuzwirbel sieht fast ganz nach vorn, kaum nach unten. Die Bandscheiben zwischen den erhaltenen Lendenwirbeln betragen 5 mm in der Höhe, also fast die Hälfte der Wirbelkörperhöhe; zwischen dem 5. Lenden- und 1. Kreuzwirbel nur 4 mm.

Der knorpelige Theil der Darmbeinschaufel verhält sich zur Höhe der letzteren = 7 : 33.

Die Neigung der Darmbeinschaufeln, unter sich verschieden, ist im Durchschnitt eine mässige.

Die durchsichtige Stelle ist beiderseits deutlich.

Der Schosswinkel strebt den weiblichen Zuschnitt an.

Die Beckenneigung ist beträchtlich.

Die Beckenhöhle zeigt wieder, wie Nr. 6, das Umgekehrte von dem Erwarteten; der Ausgang ist, wie der Eingang, sehr geräumig.

Die Darmbeinschaufeln sind vorzüglich lang, haben mit rachitischen nichts gemein; hier tritt unter den kindlichen Becken zuerst die *S*-förmige Krümmung bestimmt auf.

Alle Beckengelenke, besonders die Schamfuge, sind sehr beweglich, letztere ist wenig breiter als hoch. Wenig stehen die hinteren Darmbeinstacheln von einander ab.

Das Kreuzbein überragt in der Breite entschieden die Länge und die Breite der gleichalten Kreuzbeine.

Das Schwanzbein misst 17 längs, 15 mm quer, ist also schlank.

Die grossen Hüftausschnitte sind dreieckig, der obere Winkel ist nach vorn verzogen, spitz.

Die Hüftausschnitte sind nicht, wohl aber die For. obtur. etwas unsymmetrisch, das rechte mehr am vorderen Bogen concav, das linke mehr am hinteren.

	Höhe.	Breite.	Dicke.
Körper der Lendenwirbel IV . .	12	24	15
„ „ „ V . .	11	25	

	Höhe.	Breite.	Dicke.
Körper der Kreuzwirbel I . . .	12	27	15
„ „ „ II . . .		24	
„ „ „ III . . .		18	
„ „ „ IV . . .		15	
„ „ „ V . . .		11	
Wirbelkanal am IV. Lendenwirbel.		16	11
„ „ I. Kreuzwirbel.		11	
„ „ III. „		10	
„ „ IV. „		9	

Die Lenden-Kreuz- und Lenden-Oberschenkelwinkel nähern sich denen des Neugeborenen.

V. Becken eines rachitischen Mädchens; Nr. 8.

Als Abschluss dieser Gruppe finde hier Platz das kranke Becken eines Mädchens von $1^1/_6$ Jahren, Helene Dietze aus Leipzig. Sie starb am 6. April 1877 an Bronchitis und Atelektase. Der Thorax war beträchtlich, die oberen Gliedmassen wenig rachitisch, die unteren waren es nicht. Das Becken wird, von seinen Bändern gehalten, trocken aufbewahrt.

Es trägt die pseudo-osteomalacische Gestalt, welche früh erworbener hochgradiger Rachitis eigen ist. 2 Lendenwirbel und die oberen Hälften beider Oberschenkelknochen blieben in Verbindung mit demselben. Trotzdem ist es leichter als das Becken Nr. 6. In der That ist es in der Verknöcherung hinter seinen Altersgenossen, zumal in seiner linken Hälfte, zurückgeblieben; auch sind die letzten Lenden- und der oberste Kreuzwirbel nach links hineingesunken; nur die linken Knochenkerne des Schambeins sind 1 ^{mm} länger als der rechte, sowohl am wagrechten als am absteigenden Aste.

Die Darmbeinschaufeln sind in ihrem knorpeligen Theile steil, im knöchernen flach.

Die hintere Wand des kleinen Beckens hat durch Knickung des Kreuzbeins im 4. Wirbel gegen 15 ^{mm} in der Höhe eingebüsst; in Folge dessen ragt auch das Schwanzbein nicht nur bis zur Hälfte des Ausgangs herein, sondern ist auch mit seiner Spitze nach aufwärts hereingebogen.

Die Bandscheibe zwischen dem 5. Lenden- und 1. Kreuzwirbel ist vorn in der Mitte 2 ^{mm} niedriger als die zwischen den 4. und 5. Lendenwirbeln und ausserdem links zusammengedrückt; sie macht fast die Hälfte der Höhe des letzten Lendenwirbels aus.

Die unteren beiden Lendenwirbel bilden einen nach hinten offenen

sehr stumpfen Winkel untereinander; der Vorberg bildet einen entschiedenen Winkel, so dass die oberen falschen Wirbel mehr nach abwärts als nach vorn sehen.

Die Bögen der Lendenwirbel sind merkwürdiger Weise bereits geschlossen — sie waren es vielleicht schon, ehe der rachitische Vorgang die Beckenknochen, die Lendenwirbel überspringend, erreichte. Die Kreuzwirbel klaffen hinten sämmtlich noch im knöchernen Antheile, nur die Bögen der oberen 3 falschen Wirbel sind mittels Knorpel in einen Kamm ausgezogen.

Der knorpelige Kamm der Darmbeine ist links am breitesten (9^{mm} bei nur 27^{mm} ganzer Schaufelhöhe).

Das Kreuzbein hat 5 Wirbel; die Bandscheibe zwischen dem 4. und 5. Wirbel ist noch 3^{mm} hoch; der Knochenkern des 1. Schwanzwirbels nur 3, der des 2. nur 2^{mm} breit.

Die Neigung der Darmbeinschaufeln ist beinahe so beträchtlich wie die des Beckens Nr. 6. Von durchscheinender Stelle ist keine Spur vorhanden, dagegen eine ansehnliche von Sulcus praeauricularis.

Der Schosswinkel erreicht die Weite von 90^{0}! Die Beckenneigung ist über mittelgross.

Der Beckeneingang ist stumpf dreieckig. Die vorderen Schenkel dieses Dreiecks sind hinten einander so genähert, dass der Winkel an der Schossfuge nur 68^{0} beträgt. Alle Durchmesser bleiben fast 1^{cm} hinter der Norm zurück, die Conj. v. sogar 13^{mm}! Die Beckenhöhle ist rund, gleichmässig verengt, der Ausgang am geräumigsten im geraden Durchmesser, während die Tub. isch. so aneinander gerückt sind, dass ihr Abstand dem der Sp. isch. gleichkommt. Dagegen sind die Knorpelleisten der aufsteigenden Sitzbeinäste stark nach vorn aussen umgeworfen.

Die Darmbeinschaufeln sind oben vorn etwas uneben, im hinteren Viertel parallel mit dem plötzlich nach oben strebenden Knorpelsaume quergefaltet, doch gehört zur oberen Fläche dieser Querfalte noch ein 4^{mm} hohes Stück der knöchernen Platte. Sie sind um die Hälfte zu kurz, aber im Kreuzbeinstücke breit und kräftig genug, dabei sehr knorrig. Die hintere Hälfte der Darmbeine ist, entgegengesetzt gesunden kindlichen Becken, um 5^{mm} niedriger als die vordere. Entsprechend der inneren Querfalte läuft aussen ein gewissermaassen zweiter Kamm von der Sp. inf. post. an der hinteren Fläche des Darmbeins jederseits hin, um sich erst im vorderen Drittel der Kammlänge zu verlieren, wahrscheinlich durch Muskelansätze hervorgezogen. Das hintere Drittel der Schaufel ist nach hinten bis fast an die Ebene der Spina o. sacri geschoben und etwas nach aussen abgebogen.

Die Schamfuge ist wenig breiter als hoch und wird im knorpeligen

Theile schnell schmal. Die Dist. spin. und crist. zeigen, wenn man erstere innen im knöchernen Theile misst, 13 mm Unterschied, aber nur 3 mm im knorpeligen Theile, sind also ausgezeichnet rachitisch.

Die hinteren Darmbeinstacheln sind einander ausserordentlich genähert.

Das Kreuzbein ist in Folge seiner Querknickung 6 mm breiter als lang; es ist durchaus nicht querconcav, sondern in seinen oberen Wirbeln seicht convex, wogegen das Becken Nr. 6 bereits eine Andeutung von Querausschweifung zeigt.

Das unregelmässig verknöcherte Steissbein misst quer 8, längs 15 mm.

Da der untere Theil des Heiligenbeines stark nach vorn gezogen ist, so fallen die an sich spitzen grossen Hüftausschnitte fast gleichschenkelig dreieckig aus, wobei der rechte an der Basis 4 mm breiter als der linke geworden ist.

Die eirunden Löcher sind fast gleichmässig stumpf viereckig, wobei die äussere obere Ecke stark hereingedrückt erscheint.

	Höhe.	Breite.	Dicke.
Körper der Lendenwirbel IV . .	9	18	12
„ „ „ V . .	10	18	11
„ „ Kreuzwirbel I . .	7	19	
„ „ „ II . .	7	17	
„ „ „ III . .	5	14	
„ „ „ IV . .	4	13	4
„ „ „ V . .	4	11	4
Wirbelkanal am IV. Lendenwirbel		14	12

Der Lendenkreuzwinkel ist eben so spitz wie der von Nr. 7, der Lendenschenkelwinkel gleich dem von Nr. 6 (169°.)

VI. Becken eines Mädchens von $2^1/_4$ Jahren; Nr. 22.

Am 22. September 1877 starb im Leipziger Krankenhause Martha Kühn an acuter Miliartuberkulose. Sie hatte eine Körperlänge von 71 cm, einen Kopfumfang von 46 und einen Beckenumfang von 355, war also stärker entwickelt als ihre meisten hiesigen Altersgenossinnen.

Das Becken, in Verbindung mit 3 Lendenwirbeln und je einem 9 cm langen Stücke der Oberschenkelknochen, ward, seiner Bänder noch theilhaftig, in dünnem Spiritus aufbewahrt. Das Becken ist verhältnissmässig sehr gross, von schönen Formen und festen Knochen; die Darmbeinschaufeln erreichen schon im vorderen Theile, gewissermaassen den Apophysen, die Dicke von 9 mm; dabei ist dieses Becken verhältnissmässig nicht schwer.

Die Lendenwirbel ragen mit beträchtlicher Convexität in den Raum des durch mässig geneigte Darmbeinschaufeln abgeschlossenen grossen Beckens; das kleine Becken könnte man seiner Höhe nach für ein dreijähriges halten.

Das Schwanzbein erreicht nicht die Mitte des Beckenausganges.

Die Höhe der Bandscheiben zwischen den Lenden- und dem 1. Kreuzwirbel beträgt von oben herabgezählt: 5 — 6 — 8 mm; demnach ist die unterste fast halb so hoch als der letzte Lendenwirbel, welcher 17 mm misst; weiter abwärts messen die Bandscheiben reichlich 3, die zwischen dem 4. und 5. falschen Wirbel reichlich 2 mm.

Die Bogen der Lendenwirbel sind, wie die Spinae, vollkommen verknöchert und mit den Körpern verschmolzen. Der 3. Kreuzwirbel hat noch eine weiche Spina, der 4. und 5. sind hinten offen. Von dem Knorpelsaum der Darmbeinschaufeln ist nur im hinteren Umfange noch eine schmale Kante vorhanden. Das Schwanzbein ist nach der Spitze herab noch knorpelig.

Von nun an erscheint die durchscheinende Stelle der Darmbeine regelmässiger; sie ist an diesem Becken rechts 30, links 28 mm breit. Der Sulcus praeauric. ist links besser vertreten als rechts.

Der Schosswinkel ist hinreichend gross, die Beckenneigung auf der oberen Grenze für Erwachsene.

Der Beckeneingang ist gut symmetrisch queroval, doch etwas nach vorn ausgezogen; die Höhle nimmt Anlauf in den weiblichen Typus überzugehen; der Ausgang, im Abstande der Sitzbeinstacheln beschränkt, ist im geraden und im Knorrendurchmesser übergeräumig.

Die Darmbeinschaufeln sind schön *S*förmig gekrümmt, sodass der Winkel des vorderen Bogens 30, der des hinteren 47 ° ablesen lässt; sie sind länger als die der dreijährigen Kinder und im Kreuzbeintheile 11 mm länger als im Beckentheile.

Eigenthümlich für dieses Becken ist, dass die schmälste Stelle der Schamfuge oberhalb ihrer Mitte liegt.

Die Dist. spinarum und die Cristarum überragen jede nicht nur gleichalte, sondern sogar dreijährige Mädchenbecken; nur ein Knabe aus Altenburg, erst $2^3/_4$ Jahre alt, ergab gleichweite Entfernung der Sp. im Leben. Dabei ist an Nr. 22 die Sp.-Distanz von der Cr. um 3 cm unterschieden. Auch die Dist. spin. post. wird nur von genanntem Knaben überboten.

Die Breite des Kreuzbeines ist an sich mässig, übertrifft aber dessen Länge ausserordentlich und zwar, sogar den 4 jährigen Mädchen voraneilend, hauptsächlich mittels der Flügelbreite.

Das Schwanzbein ist 34 mm lang, 18 breit.

Die Hüftausschnitte sind gleichmässig eirund, die For. obtur. elliptisch, oben einander zugeneigt, am vorderen Bogen gekerbt.

				Höhe.	Breite.	Dicke.
Körper der Lendenwirbel	III	.	.	16	29	22
„ „ „	IV	.	.	14	29	
„ „ „	V	.	.	15	30	
„ „ Kreuzwirbel	I	.	.	16	29	
„ „ „	II	.	.	15	22	
„ „ „	III	.	.	12	20	
„ „ „	IV	.	.	11	19	
„ „ „	V	.	.	8	15	
Wirbelkanal am III. Lendenwirbel					18	12
„ „ V. „					17	
„ „ I. Kreuzwirbel					16	
„ „ II. „					14	
„ „ III. „					12	
„ „ IV. „					12	6

Der Vorberg tritt scharf auf; der Winkel zwischen letztem Lenden- und 1. Kreuzwirbel beträgt nur 111°; die Höhe der Convexität der Lendenwirbelsäule liegt am 4. Lendenwirbel, dessen vordere Fläche genau mit den Oberschenkelbeinen Linie hält.

VII. Becken eines 3jährigen Mädchens, Nr. 25.

Am 23. October 1876 starb in meiner Heilanstalt ein Mädchen an Meningitis tuberculosa; zugleich fanden sich Tuberkeln in der Lunge, den Bronchialdrüsen, dem Zwerchfell und der Milz.

Das mit seinen Bändern getrocknete Becken ist ziemlich leicht, hat, zumal in der rechten Hälfte, dünne Knochen und ist in der Verknöcherung der falschen Wirbel und des aufsteigenden bes. rechten Sitzbeinastes hinter seinen Altersgenossen zurückgeblieben; das rechte eirunde Loch klafft vorn oben.

Das Ende der Wirbelsäule erinnert namentlich in Anbetracht des Vorbergs an Neugeborene, aber die Schaufeln sind rein weiblich und schon sehr offen und sehen wegen der ungewöhnlich starken Beckenneigung auffallend nach vorn.

Das Schwanzbein, obgleich sehr nach vorn oben gekrümmt, erreicht noch die Mitte des Beckenausganges.

Die Bandscheibe zwischen dem 5. Lenden- und 1. Kreuzwirbel, 4 mm

hoch, erreicht noch nicht den vierten Theil des sehr kräftig entwickelten Lendenwirbels. Die nächst tiefere Bandscheibe ist nur 2 mm hoch, die folgenden sind = 1 und darunter. Der letzte Lendenwirbel schaut mit seiner Vorderfläche etwas nach unten.

Die Bogen der unteren Lendenwirbel sind hinten geschlossen und verknöchert, der Stachel des 1. Kreuzwirbels ist noch knorpelig mit kleinem Knochenkerne.

Die Bogenstücken	des	2.	Kreuzwirbels	stehen	10 mm
"	"	"	3.	"	"	10
"	"	"	4.	"	"	12
"	"	"	5.	"	"	9

von einander ab.

Der rechte Flügel des 1. falschen Wirbels ist 1 mm breiter als der linke; noch kein Querfortsatz ist mit seinem Kreuzwirbel knöchern vereinigt. Der knorpelige Theil der Darmbeinkämme, 5 mm hoch, beträgt nur den siebenten Theil der Schaufelhöhe.

Das Kreuzbein besteht nur aus 5 Wirbeln mit ebenso starker Längskrümmung wie das von Nr. 22. In der Querrichtung macht sich erst eine Abplattung der Wirbelkörper, Concavität nur mit Hülfe der Flügel in den obersten 3 falschen Wirbeln bemerklich. Das Schwanzbein hat deutlich 5 Stücken, deren oberstes einen 5 mm breiten, 3 mm langen Knochenkern, das 2. einen nur reichlich 1 mm langen, aber 3 mm breiten, das 3. einen mittlen unteren von 1 mm Dicke, und zwei seitliche, das 4. einen sanduhrförmigen, oben dickeren von 3 mm Länge und 3 mm Breite; der 2 mm breite Kern des letzten Wirbels ist zweitheilig, durch ein vorderes Mittestück dreilappig.

Die Darmbeinschaufeln sind nur mässig geneigt, die rechte weit stärker als die linke; die durchscheinende Stelle ist links grösser, der Sulcus praeauricularis beiderseits, besonders oben, deutlich. Der Schosswinkel ist von einer Grösse, wie sie mehr dem 4. Lebensjahre zukommt; die Beckenneigung = 76 °.

Der Beckeneingang ist sehr klein, ziemlich rund; die Beckenhöhle genau so beschränkt wie der Eingang, also im Querdurchmesser wieder geräumiger als im geraden (vgl. Nr. 6 und 7!), der Ausgang allgemein eng, im Abstande der Sitzknorren noch schmaler als in Dist. spin. isch.

Die Darmbeinschaufeln sind dem ganzen Becken entsprechend kurz angelegt, aber im Kreuzantheile kaum länger als im Beckenabschnitte. Die *S* förmige Krümmung ist untadelhaft.

Die Schamfuge zeigt Verhältnisse wie bei Knaben.

Der geringe Unterschied zwischen der Distantia cristarum et spi-

narum könnte Rachitis ahnen lassen, wenn sich solche irgend wo anders beweisen liese; man bedenke, dass das ganze Becken klein, zierlich ist. Auch erkennt man an diesen Maassen, wie unzuverlässig der Schluss von von den Querdurchmessern des grossen Beckens auf die des kleinen ist. Die Dist. spin. post. ist im Einklange mit dem ansehnlichen breiten Kreuzbeine.

Maasse des Schwanzbeines: 15 breit, 12 lang.

Die grossen Hüftausschnitte sind viereckig, links mehr geschwungen; die Foram. obtur. eirund, etwas nach hinten oben spitzbuchtig.

	Höhe.	Breite.	Dicke.
Körper des Lendenwirbels V . .	11	23	16mm
„ „ Kreuzwirbels I . .	10	19	14
„ „ „ II . .	8	17	6
„ „ „ III . .	6	17	7
„ „ „ IV . .	6	16	5
„ „ „ V . .	6	13	4
Wirbelkanal am V. Lendenwirbel		19	12
„ „ I. Kreuzwirbel		18	11·5
Halbrinne III. „		12	4
Halbrinne V. „		11	2

Durch die erhöhte Aushöhlung des Kreuzbeins ist der Winkel zwischen Lendenwirbel und Heiligenbein nach hinten spitzer geworden; der Lendenschenkelwinkel, = 152°, ist an diesem Becken durch dessen bedeutende, fast übermässige Neigung bedingt.

VIII. Becken eines Mädchens von 3¼ Jahren; Nr. 30.

Am 31. December 1878 starb im städtischen Krankenhause ein 3¼ jähriges Mädchen an Diphtheritis. Das Kind war 875 mm lang. Das Becken wurde in Gyps gelegt und mit seinen Bändern getrocknet. Dieses Becken hat, abgesehen von der noch von vorn nach hinten abgeplatteten Beckenhöhle, rein weiblichen Typus und passt gut zum Alter des Kindes.

Der Beckenumfang, an der Leiche genommen, übertrifft um 139mm den Umfang des trockenen grossen Beckens; das Kind war nämlich gut genährt. Der Beckeneingang ist stumpf-viereckig und erinnert an das sonst normale Becken einer Erwachsenen, Nr. 1 meiner Sammlung, sowie an ein von G. Fritsch in das Berliner anatomische Museum gebrachtes Becken einer Buschmännin.

Das Kreuzbein ist bestimmt breiter als lang, was namentlich auf

Rechnung seiner beträchtlichen, nur von einem etwa gleich alten Knabenbecken übertroffenen Längskrümmung kommt.

IX. Becken eines Mädchens von $4^3/_4$ Jahren; Nr. 40.

Das Kind starb im März 1879 an Diphtheritis, war kräftig und von starkem Knochenbau. Drei Lendenwirbel waren am trockenen, seine Bänder bewahrenden Becken gelassen.

Die Lendenwirbel sind mehr als gewöhnlich nach vorn gebogen und haben den Vorberg tief nach dem Eingange des kleinen Beckens hervorgedrückt. Möglich, dass das Kind zu früh Lasten tragen gemusst hat. Die Darmbeinschaufeln liegen schon flach, dabei ist das kleine Becken nicht niedrig.

Das Schwanzbein erreicht nur den dritten Theil des Beckenbodens.

Die Bandscheiben zwischen den vorhandenen Lendenwirbeln sind 5, die zwischen dem letzten Lenden- und ersten Kreuzwirbel ist 4^{mm} hoch; oben erreichen sie genau den 4. Theil des über jeder liegenden Wirbelkörpers. Weiter abwärts sind die Zwischenknorpel 4, 3, 2 und 1^{mm} hoch.

Die Bogen der Lendenwirbel sind allwärts geschlossen, doch sind die Dornfortsätze noch mit einer beweglichen Leiste besetzt, welche am 5. Lendenwirbel am mächtigsten im sagittalen Durchmesser ($= 3^{mm}$) ist. Dabei ist der Dorn des 5. Lendenwirbels dem des 1. Kreuzwirbels bis auf nur 2^{mm} Abstand nahe gerückt. Die Wirbelsäule ist bis mit dem 2. falschen Wirbel geschlossen; die Bogen des 3. klaffen 9, die des 4. und 5. falschen Wirbels je 12^{mm}.

Die Querfortsätze der Kreuzwirbel sind sämmtlich fest mit dem Heiligenbein vereinigt.

Der Kamm der Darmbeine ist nur noch in dem hinteren Umfange und zwar kaum 3^{mm} hoch knorpelig, während die ganze Schaufelhöhe bereits 53^{mm} ausmacht.

Die 5 Wirbel des Kreuzbeines zeigen starke Längs- und nur im zweiten eine geringe Querkrümmung; im Gegentheil: der Vorberg ragt 3^{mm} vor die vorderen Kanten der Flügel!

Das Schwanzbein zeigt Ansatz zu einem vierten Stücke, ist nach links gekrümmt und im obersten Stücke quer 12, längs 5, im 2. Stücke quer 8, längs 4^{mm} verknöchert.

Die linke Darmbeinschaufel ist, entgegengesetzt den meisten Becken, links um 4^0 stärker nach aussen geneigt, als die rechte. Die durchscheinende Stelle, rechts nur oben bemerkbar, fehlt links ganz; Sulcus praeauric. ist beiderseits gering.

Der Schosswinkel entspricht dem Alter des Kindes; die Beckenneigung ist die mittle.

Im Beckeneingange ist die Querspannung und Kartenherzform kenntlich — in der Höhle wiegt der Längsdurchmesser vor, wie von nun an bis zur Pubertät in allen weiblichen Becken mit den zunehmenden Lebensjahren. Der Beckenausgang ist, zumal im Längsdurchmesser, geräumig.

Die Darmbeinschaufeln sind kürzer als sonst angelegt, was hauptsächlich auf Rechnung ihres Beckentheiles kommt. Die *S*förmige Krümmung ist wohl geschwungen, aber fast eckig.

Die Schamfuge übertrifft in der Breite nur oben erst ihre Höhe, aber alle Schenkel der Scham- und der Sitzbeine sind bis auf die Naht verknöchert.

Die Cristae sind hinreichend in Breite entwickelt, lassen aber die Dist. spin. ant. nur 14 mm hinter sich. Die Dist. spin. post. ist eine mässige und entspricht der nicht beträchtlichen Breite der Basis ossis sacri.

Maass des Os. coccygis: 18 breit, 16 lang, oben 8 mm dick.

Die grossen Hüftlöcher sind viereckig, fast herzförmig, die besonders rechts sehr stumpfe Spitze nach unten gekehrt.

Die Foramina obturatoria sind ohrförmig, unten am engsten, oben einander zugeneigt, also echt weiblich.

		Höhe.	Breite.	Dicke.
Körper des Lendenwirbels	III . .	17	36	24 mm
„ „ „	IV . .	17	36	
„ „ „	V . .	16	34	
„ „ Kreuzwirbels	I . .	19	34	
„ „ „	II . .	15	25	
„ „ „	III . .	10	21	
„ „ „	IV . .	6	18	
„ „ „	V . .	10	25	
Wirbelkanal am III. Lendenwirbel			21	15

Die etwas lordotischen Lendenwirbel bedingen, dass die starke Längskrümmung des Kreuzbeines den Lenden-Kreuzwirbel weniger spitz ausfallen lässt, als erwartet werden sollte. Der Lendenschenkelwinkel ist hier ein negativer (— 5°) zum ersten Male.

X. Becken eines 5jährigen Mädchens; Nr. 41.

Am 30. August starb im Leipziger städtischen Krankenhause am Scharlach ein Kind mit sehr dicken Schädelknochen und rachitischen Schenkeln. Das Becken, woran 2 Lendenwirbel und ein 8 cm langes Stück von jedem Oberschenkelbeine, ward nebst den Bändern zum Trocknen präparirt.

Dieses Becken trägt Spuren der englischen Krankheit nicht an sich, man müsste denn auf den geräumigen Arcus pubis etwas geben wollen. Das Beckengerüst ist massiv, aber nicht zu dick, auch nicht zu schwer. Die Lendenwirbel kehren dem grossen Becken eine nur sanfte Wölbung zu, der Vorberg steht nicht zu tief. Die stark gewölbten Darmbeinschaufeln convergiren nach vorn ebenmässig, doch ist die linke beträchtlich steiler als die rechte, auch das linke Schambein etwas nach innen gedrückt, trotzdem der linke grosse schräge Durchm. etwas kürzer als der rechte.

Das Schwanzbein ragt bis zur Hälfte des Beckenbodens in den Ausgang hinein.

Die Bandscheiben zwischen 4. und 5. Lendenwirbel und 5. Lendenwirbel und 1. Kreuzwirbel messen jede 5 ^{mm} in der Höhe und betragen reichlich den 4. Theil der über ihnen liegenden Wirbelkörper; weiter abwärts sind die Bandscheiben zwischen den falschen Wirbeln, nicht ganz gleichmässig abnehmend, 3 bis 2 ^{mm} hoch. Die oberen 2 Kreuzwirbel laufen nach hinten in eine geschlossene Knochengräte aus; die 3. ist noch 2 ^{mm} offen, die unteren klaffen 12 und 8 ^{mm}.

Die stattlichen Kreuzbeinflügel sind vollkommen symmetrisch.

Der Kamm des rechten Darmbeines ist in der Mitte seines Verlaufes noch 4 ^{mm} hoch ($^1/_{13}$ der ganzen Höhe) knorpelig, der des linken ist von einem nur halb so hohen Knorpel gekrönt.

Längs- und Querkrümmung des Kreuzbeines lassen nichts zu wünschen übrig.

Das Schwanzbein ist aus vier ansehnlichen Stücken zusammengesetzt; nur das unterste Stück ist noch Knorpel.

Die durchscheinende Stelle der mässig geneigten Darmbeinschaufeln wird vermisst, wogegen ein tiefer Sulcus praeaur. links oben zu sehen ist.

Der Schosswinkel ist um 3° weiter als der durchschnittliche vom 4. bis 6. Lebensjahre und um etwa 10° grösser als er Knaben dieses Alters zukommt.

Die Beckenneigung ist, wie bei Nr. 40, die mittlere.

Der Beckeneingang würde, den drei bekannten Durchmessern nach, zu den runden gehören, wenn nicht die am Tuberc. ileo-pectineum in einer Naht zusammenstossenden Theile des Seitenwandbeines convex nach innen vorstiessen. Die Beckenhöhle ist durch genannten Umstand seitlich so verengt, dass die seltene, sonst nur bei Osteomalacischen wahrnehmbare Sanduhrform herauskommt, welche man auf Druck der von aussen gegen die Seitenwände des kleinen Beckens gepressten Oberschenkelköpfe schiebt. Annähernd Aehnliches kommt sehr selten in europäischen Becken

vor; etwas öfter finde ich diese Form des kleinen Beckens bei Negerinnen und Javanesinnen vertreten. — Der Beckenausgang ist rund und geräumig.

Die Beckenschaufeln sind hinreichend lang und in der hinteren Hälfte kräftig angelegt. Die *S*förmige Krümmung ist elegant und vorn zu einer dritten Abweichung nach aussen gesteigert mit Tangentialwinkel $= 13^{0}$.

Die Schamfuge ist reichlich 6 mm breiter als hoch, wobei die beiden Aeste gut 2 mm von einander durch die Gelenkfuge abstehen.

Die Dist. spin. ant. hält sich etwas unter dem Mittel für dieses Alter, die Crist. erreicht beinahe die Norm. Dist. spin. post. und Breite der Os. sacrum sind nahezu unter einander proportional. Maasse des Schwanzbeines: 21 Breite, 25 Länge, 6 Dicke oberhalb.

Die grossen Hüftlöcher sind nahezu gleichschenkelige Dreiecke mit der Basis nach hinten, Scheitel sehr stumpf, unterer Winkel links etwas abwärts und nach hinten gezogen. Die schmal-elliptischen Foramina obtur. convergiren oben stark, entsprechend dem weiten Schosswinkel.

	Höhe.	Breite.	Dicke.
Körper des Lendenwirbels IV . .	19	35	24 mm
„ „ „ V . .	19	31	
„ „ Kreuzwirbels I . .	19	40	
„ „ „ II . .	17	25	
„ „ „ III . .	14	18	
„ „ „ IV . .	11	16	
„ „ „ V . .	10	19	9
Wirbelkanal am IV. Lendenwirbel		18	11

Der Lendenkreuzwirbel ist durch Ausbildung des Vorberges gedrückter als bei Nr. 40, der Lendenschenkelwinkel um 3^{0} negativer als bei vorigem Becken.

XI. Becken eines fast 6jährigen Mädchens; Nr. 47.

Am 30. October 1874 starb im Leipziger Krankenhause ein Mädchen an Gliosarkom des rechten vorderen Hirnlappens, welches aus dem Bulbus seinen Ursprung nahm. Das Kind war 5 Jahre alt angegeben, die Maasse stimmen aber am meisten mit einem Alter von $5^{3}/_{4}$ Jahren.

Das Becken ist ein trockenes, künstliches; daran sind 3 Lendenwirbel belassen.

Dieses Becken macht einen kräftigen, fast männlichen Eindruck und steht den längsovalen nahe. Das rechte Darmbein ist ein Wenig länger

als das linke, dafür die Vorderwand des kleinen Beckens links 1^{mm} höher als rechts. Der Körper des 5. Lendenwirbels ist rechts um 3^{mm} höher als links, sodass der Lendentheil der Wirbelsäule etwas schräg von links oben nach rechts unten dem in seinen Wirbeln ebenfalls etwas ungleichen, doch schliesslich sich compensirenden Kreuzbeine aufsitzt.

Der	rechte	Flügel	des	1.	falschen	Wirbels	ist	nämlich	29^{mm}	hoch
„	linke	„	„	„	„	„	„	„	21	„
„	rechte	„	„	2.	„	„	„	„	20	„
„	linke	„	„	„	„	„	„	„	28	„

Die unteren beiden Lendenwirbel liegen ziemlich senkrecht über einander, der 3. tritt etwas nach hinten zurück.

Die mässig dicken Darmbeinschaufeln sind mässig muldenförmig ausgehöhlt, etwas tiefer in der Längs- als in der Querrichtung. Die Höhe des kleinen Beckens ist ansehnlich, doch nicht übermässig, das Schwanzbein, wegen der starken Krümmung des Kreuzbeins im 5. und 6. Wirbel, bis über die Mitte in den Beckenausgang hereingeführt.

Der Vorberg nimmt Anlauf zu dem den Erwachsenen zukommenden Knicke.

Die Bogen der Lendenwirbel tragen feste Dornfortsätze von 19 (III) bis 15 (V.)^{mm} Länge; der Dorn des I. und des III. falschen Wirbels, 10 und 7^{mm} lang, tragen noch eine Längsnarbe zum Andenken an den früheren zwiespaltigen Zustand, während der 2. falsche Dorn davon nur noch nach unten eine schwache Spur erkennen lässt. Die Bogen der unteren falschen Wirbel klaffen noch 6, 11 und 11^{mm}. Der Dorn des III. Lendenwirbels, deutlicher dreieckig als die unteren, ist oben 3, unten 8^{mm} breit. Der III. falsche Dorn ist gleichsam, als Vorbereitung zum Spalte des IV., der breiteste unter den geschlossenen oberen drei: 6^{mm}; der I. wieder etwas breiter als der II, welcher nur 4^{mm} misst.

Die Kreuzbeinflügel stellen verlässliche Strebepfeiler dar.

Der Knorpelsaum der Darmbeinkämme beträgt nur noch 2^{mm}.

Die Längskrümmung des Kreuzbeines ist an diesem Becken, welches 6 falsche Wirbel zählt, ein Intervall tiefer als bei den übrigen, nämlich zwischen dem IV. und V. Wirbel am merklichsten, und überhaupt theilweise oben wieder wegen der sechs Wirbel, eine so bedeutende, wie sie sonst etwa dem 13. Lebensjahre zukommt. Die Querkrümmung beträgt etwas mehr als die Hälfte der Längskrümmung und ist am beträchtlichsten in der Ebene des II. falschen Wirbels.

Das Schwanzbein ist, als Ausgleich für das zu lange Heiligenbein, etwas kurz weggekommen und in beiden unteren Stücken knorpelig.

Die durchscheinende Stelle ist an beiden Darmschaufeln mässig vorhanden, nicht ganz symmetrisch; der Sulc. praeaur. rechts stärker als links.

Der Schosswinkel ist noch nicht beim weiblichen Typus angelangt, die Beckenneigung unter dem Mittel.

Der Beckeneingang ist ziemlich spitz nach vorn verlängert, im Querdurchmesser wie auch die Beckenhöhle beschränkt, doch letztere absolut geräumiger als an der Altersgenossin Nr. 45. Der Beckenausgang entspricht dem Alter.

Die Beckenschaufeln sind hinreichend lang und im Kreuzbeintheile ziemlich gleich dem Beckentheile. Die breite und tiefe Rinne unter der Sp. ant. inf. deutet auf starke Entwickelung des M. ileopsoas. Die *S*förmige Krümmung ist schön weiblich; die Schamfuge 3 mm breiter als hoch.

Der Sp.-Durchmesser ist absolut bedeutend und auch das Verhältniss zum Cr.-Durchmesser kaukasisch; Dist. sp. post. überweit, dem breiten Kreuzbeine entsprechend.

Das Schwanzbein 17 breit, 18 lang, nur 5 mm dick. Die grossen Hüftlöcher breite, gedrückte Thore, die Foram. obtur. ausdrucksvoll ohrförmig, etwas steil.

	Höhe.	Breite.	Dicke.
Körper des Lendenwirbels III . .	19	36	23 mm
„ „ „ IV . .	20	38	
„ „ „ V . .	22	40	
„ „ Kreuzwirbels I . .	21	34	
„ „ „ II . .	21	25	
„ „ „ III . .	17	26	
„ „ „ IV . .	14	24	
„ „ „ V . .	14	22	
„ „ „ VI . .	14	19	5
Wirbelkanal am III. Lendenwirbel		21	16
„ „ I. Kreuzwirbel		32	18
„ „ IV. „		18	6
„ „ VI. „		14	3

Die hinteren Intervertebrallöcher sind nicht ganz symmetrisch gross, das grösste (8:11) ist das linke oberste, die kleinsten (5:8) das 2. und 5. links; die vorderen Kreuzbeinlöcher ähneln den hinteren, nur sind die 4. kleiner als das 5. linke in der Breite. Lenden- Kreuz- und -schenkelwinkel verhalten sich fast genau wie bei Nr. 40.

XII. Becken eines 8jährigen Mädchens; Nr. 56.

Dieses höchst merkwürdige Becken gehört einem angeblich 8jährigen Mädchen an (Auguste Götz aus Leipzig), welches am 20. April 1879 im hiesigen Krankenhause an Sarkom des Keilbeines linkerseits starb.

Das Kind war 110 cm lang, schlank und mager. Das sehr kleine, äusserst zierliche Becken ward erst frisch, dann nach 9 Wochen mit seinen Bändern getrocknet gemessen und in Verbindung mit 2 Lendenwirbeln gelassen.

Obgleich dieses Becken in der Verknöcherung seiner hinteren und vorderen Wand manche Altersgenossen überholt, so wiegt es doch vermöge der Kleinheit und Dünne seiner Knochen nur die Hälfte der gleich alten.

Die Krümmung der Lenden- und Kreuzwirbel erinnert an die früheste Kindheit. Die Seitenwände des Beckens sind sehr symmetrisch, rücken aber in den Pfannengegenden fast so stark nach innen, wie bei Nr. 41, rechts etwas mehr als links.

Die Darmbeinschaufeln besitzen geringe Wölbung und ragen wenig nach vorn; das Schwanzbein würde, auch wenn es nicht nach oben eingeschlagen wäre, nicht die Mitte des Beckenbodens erreichen.

Die Bandscheiben zwischen den vorhandenen Lenden- und dem 1. Kreuzwirbel sind niedrig, gedrückt und quellen nach vorn hervor; die Verbindung zwischen dem 1. und 2. falschen Wirbel ist etwas mächtiger (3 mm hoch), aber beim Trocknen rückwärts geschrumpft. Die unteren Zwischenknorpel sind sehr dünn und in der Mitte bereits verknöchert, was auch mit dem Kreuz-Steissgelenke der Fall ist.

Die Bogen aller Kreuzwirbel sind geschlossen und verknöchert, der 4. sogar durch einen besonderen senkrechten Schaltknochen von 9 mm Höhe.

Der Ansatz des rechten obersten Kreuzbeinflügels ist durch eine kleine Knochenleiste markirt und etwas nach aussen unten abgeknickt.

Der Kamm der Darmbeine ist weniger deutlich knorpelig als die vorderen Stacheln.

Der Vorberg ist wegen der Steilheit und geringen Aushöhlung wenig markirt; erst der 4. und 5. falsche Wirbel krümmen sich entschieden nach vorn; die Querkrümmung beginnt erst mit dem zweiten falschen Wirbel und beträgt hier 5 mm Bogenhöhe; der 1. falsche Wirbel hat noch halb den Charakter eines Lendenwirbels. Das Schwanzbein besitzt vier Stücken, das vierte hat ein Endknöpfchen — vielleicht Ansatz zu einem fünften Stücke. Das oberste Stück ist ganz verknöchert und hat noch einen besonderen kleinen Knochenkern an der unteren Fläche; unter diesem sitzt der etwas grössere (3 mm breite) Kern des 2. Stückes. Nur auf der rechten Seite befindet sich ein Horn.

Die durchscheinende Stelle der Darmbeinschaufel ist links etwas dünner als rechts, der Sulcus rechts oben deutlicher.

Der Schosswinkel ist nicht unbeträchtlich; die Beckenneigung grösser als die durchschnittliche.

Der Beckeneingang ist rund, was besonders am frischen Leichnam

hervortrat; die Höhle verhältnissmässig beschränkt, der Ausgang leidlich weit.

Die Darmbeinschaufeln, im Ganzen kurz, in der Kreuz- und Beckenhälfte nahezu gleich lang, sind vortheilhaft geschwungen.

Die Schamfuge zeigt dieselben Verhältnisse wie Nr. 41, aber die knöcherne Vereinigung des Scham- und Sitzbeines ist vollzogen.

Die Dist. sp. et. crist. differiren um reichlich 2 cm, die Dist. spin. post., mittelgross, stimmt zu dem zierlichen Heiligenbeine.

Maass des Schwanzbeines: 21 breit, 22 lang.

Die grossen Hüftlöcher sind Trapeze, die schmalen Seiten vorn und hinten; die Foram. obtur. steile Ohren, die Convexität einander zugekehrt.

	Höhe.	Breite.	Dicke.
Körper des Lendenwirbels IV . .	18	33	23mm
„ „ „ V . .	15	32	
„ „ Kreuzwirbels I . .	16	32	
„ „ „ II . .	16	24	
„ „ „ III . .	13	19	
„ „ „ IV . .	11	17	
„ „ „ V . .	10	17	5
Wirbelkanal am IV. Lendenwirbel		21	14
„ „ V. Kreuzwirbel		11	5

Der Winkel zwischen Lenden- und Kreuzwirbeln ist, wie schon angedeutet, ein auffallend stumpfer, = 142°; der Winkel zwischen Lendenwirbeln und Oberschenkeln ist dem Alter gemäss = — 5°.

XIII. Becken eines 10jährigen Mädchens; Nr. 63.

Dieses kräftige Kind war zwei Tage vor dem Tode 1877 vom 4. Stockwerke eines Hauses in Leipzig auf das Gesäss gefallen. Es fand sich ein Längsbruch des linken Kreuzbeinflügels mit Einkeilung. Die Maasse wurden aus der unverletzten Hälfte compensirt. Ausserdem waren das rechte Darmbein in der Mitte des oberen Randes der Schaufel und der rechte wagrechte Schambeinast an seiner Hüftbeingrenze etwas gesplittert. Sitz- und Schambeine stossen noch durch Knorpelflächen aneinander. Der Uterus war membranaceus!

Das Becken, mit 2 Lendenwirbeln getrocknet, ist ein künstliches; nur die Wirbel sind mittels Bandscheiben verbunden.

Das Becken ist langgestreckt, aber im kleinen Becken niedrig. Die Hüftbeine sind dick und steil wie bei Knaben; die Lenden- nnd Kreuzwirbel haben eine gegenseitige Lage wie in den ersten Lebensjahren. Dabei ist das ganze Becken ziemlich leicht.

Das Schwanzbein, plötzlich verkürzt, deckt noch nicht den dritten Theil des Beckenausganges.

Die vorletzte Lendenbandscheibe, noch 7 mm hoch, macht beinah die Hälfte des sie drückenden Wirbels aus; die letzte, ebenso hoch, hat einen etwas höheren 5. Lendenwirbel über sich. Die unteren sind fast ganz verknöchert, am wenigsten die zwischen dem 1. und 2. falschen Wirbel. Die Flügel des 4. und 5. falschen Wirbels sind bereits ganz mit einander verschmolzen. Dagegen klaffen noch alle Bogen der Kreuzwirbel, von oben nach unten gezählt 3, 4, 9, 14, 14 mm.

Die Darmbeinkämme, die Stacheln und die Pfannenränder des Darmbeines sind tief gezähnt, die vorderen unteren Stacheln sehr flach.

Der Vorberg ist glatt, die Längshöhlung des Kreuzbeines auf eine lange Strecke vertheilt und kaum halb so tief, als bei gleichalten Kindern. Die Querkrümmung geht nur dem vierten falschen Wirbel ab.

Das Schwanzbein, im obersten Stücke ganz knöchern, aber nur mit einem linken Horne versehen, hat an der unteren Spitze dieses Stückes noch 2 seitliche winzige Knochenkerne, vielleicht Ansätze zum 2. Stücke: denn unter diesem befinden sich nur 2 gesonderte Knorpel mit je einem mittlen Kerne von 3 mm Durchmesser und einem seitlichen Knochenpunkte.

Von durchscheinender Stelle ist nur am linken Hüftbeine eine Spur; der Sulc. praeaur. rechts unten angedeutet.

Der Schosswinkel könnte grösser sein; die Neigung des Beckens beträgt, wenn man den oberen Rand des 1. falschen Wirbels als Vorberg nimmt, nur 40°; an diesem Becken vertritt eigentlich der untere Rand des 5. Lendenwirbels das Promontorium.

Die Querspannung dieses Beckens ist in allen Durchmessern gering, der Eingang sicher längsoval, der gerade Durchmesser des Ausgangs fast wie im 14. Lebensjahre.

Die Darmbeinschaufeln, ziemlich kurz, sind im Kreuzantheile noch am ergiebigsten. Die *S*-Krümmung ist leidlich regelmässig.

Die Schamfuge ist weiblich breit, die Knochen sind in der Nähe der Sitzbeinnaht und die Sitzbeine unter dieser plump angeschwollen.

Die Differenz der Sp. und Cr. fällt wegen der Dicke der Knochen grösser aus, als die geringe Beckenbreite nach dem Augenmaasse erwarten lässt. Die Dist. spin. post., nicht besonders breit, entspricht ungefähr dem mehr schmalen, langen Heiligenbeine.

Maasse des Steissbeines: 27 breit, 26 lang, bis 7 mm dick.

Die grossen Hüftlöcher sind stumpf dreieckig, der Scheitel nach hinten gezogen; die Foram. obtur. steil, mehr lang-elliptisch als ohrförmig, oben etwas breiter.

	Höhe.	Breite.	Dicke.
Körper des Lendenwirbels IV . .	19	38	24mm
„ „ „ V . .	20	41	
„ „ Kreuzwirbels I . .	22	33	
„ „ „ II . .	19	24	
„ „ „ III . .	18	24	
„ „ „ IV . .	14	21	
„ „ „ V . .	13	18	9
Wirbelkanal am IV. Lendenwirbel		21	13
„ „ I. Kreuzwirbel		31	17
„ „ III. „		22	9
„ „ V. „		13	3

Der Lendenkreuzwinkel ist nach dem oben Gesagten sehr offen; der Lendenschenkelwinkel zeigt eine Rückkehr zur Vorwärtsneigung des Oberkörpers wie bei jüngeren Kindern: + 172°.

XIV. Becken eines 12jährigen Mädchens; Nr. 69.

Dieses Kind lag vier Monate wegen doppelseitiger Hüftgelenkentzündung im Leipziger städtischen Krankenhause, bekam Decubitus an der Kreuzbeinspitze und starb am 3. October 1879 an Herzbeutelentzündung, ohne dass es an den Hüften zu Oeffnung der Abscesse gekommen war.

Das kleine Becken hat eine schon im Eingange merkbare quere Verengung erfahren. Trotzdem sind die Charaktere des Beckens in seiner oberen Hälfte für vergleichende Studien verwerthbar, zumal da das ganze Präparat in schwachem Weingeist aufbewahrt wird.

Das grosse Becken ist schön weiblich; nichts verräth ein Allgemeinleiden vor der verhängnissvollen letzten Krankheit. Der vorhandene letzte Lendenwirbel hat normale Höhe (26 mm), ist 47mm breit und sein Körper 28mm dick. Nach Abzug dieses Wirbels würde das frische Becken 900grm wiegen.

Der Vorberg tritt bestimmt herein; die Längskrümmung des Kreuzbeins hat eine Tiefe von 24 mm, die Querkrümmung beträgt 17; beide Maasse deuten auf eine hochentwickelte Beckenhöhle.

Die Darmbeinschaufeln lassen trotz des länger durchlebten Hüftleidens keine Abminderung des Längenwachsthums nachweisen; sind mässig gewölbt, stark geneigt und am Saume bis 15 mm dick.

Noch sämmtliche falsche Wirbel sind durch schmale Bandscheiben von einander geschieden, der unterste mit dem rechts angefressenen Schwanzbeine normal eingelenkt. Vom dritten an klaffen die Kreuzwirbel nach abwärts.

Die Kämme beider Darmbeine tragen noch einen schmalen Knorpelsaum.

Von den 4 Schwanzbeinwirbeln ist nur der unterste, vieleckige, knorpelig.

Die durchscheinende Stelle beider Darmbeinschaufeln ist gross, im Umfange rundlich, die rechte ausgebreiteter.

Der Schosswinkel ist ziemlich offen, die Neigung des Beckens gering.

Der Beckeneingang ist rundlich, der Ausgang durch Aneinanderrücken der Tubera isch. beträchtlicher querverengt (trichterförmig), als die Höhle.

Die Schamfugė zeichnet sich durch ihre Breite noch vortheilhafter als durch ihre Höhe aus.

Die Quermaasse des grossen Beckens bleiben nur in Bezug auf die Dist. crist. hinter den gleichalten zurück; die Dist. ileopubica (= 86^{mm}), wenig kürzer als zu erwarten steht, ist dadurch bemerkenswerth, dass Darm- und Schossbein noch knorpelig verbunden sind.

Maasse des Schwanzbeins: 35 breit, ohne Hörner 30^{mm} lang.

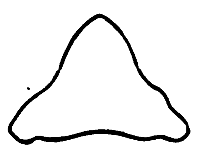
Die grossen Hüftlöcher sind geräumig, stumpf dreieckig; die eirunden Löcher gedrückte Halbkreisschnitte, den Sector nach aussen, nur oben etwas vollkommener gebogen als unten, indem der Bogenabschnitt steil auf den unteren, sehr ausgeschweiften Winkel der Apertur zustrebt.

	Höhe.	Breite.	Dicke.
Körper der Kreuzwirbel I . . .	23	36	26^{mm}
„ „ „ II . . .	25	33	
„ „ „ III . . .	17	28	
„ „ „ IV . . .	16	26	9
„ „ „ V . . .	13	23	7
Wirbelkanal am V. Lendenwirbel		22	18
„ „ III. Kreuzwirbel		20	5

Der Winkel zwischen Lenden- und Kreuzwirbeln beträgt 153°, ist also auffallend stumpf.

Bemerkenswerth sind noch zwei Eigenthümlichkeiten:

1. Der Wirbelkanal hat im V. Lendenwirbel eine schön architektonische Kleeblattform:



2. Der sagittal sehr breite Stachelfortsatz des V. Lendenwirbels steigt schräg nach hinten und stark nach unten herab und stützt sich so auf den

schwach angelegten, in der Mitte nicht verknöcherten Stacheltheil des I. Kreuzwirbels, während der Dorn des II. Kreuzwirbels zu einem fast direct nach hinten gerichteten, wenig nach unten abgeschrägten, 15 mm hohen dicken Stachel erstarkt ist.

XV. Becken eines 14jährigen Mädchens; Nr. 74.

Am 10. October 1875 starb Emma Hoppe in Leipzig am Typhus. Das Becken ward nebst Bändern getrocknet und in Zusammenhang mit 2 Lendenwirbeln und je einem 133 mm langen Stücke Femur gelassen.

Dieses echt weibliche Becken beut kräftige Entwickelung aller seiner Theile dar. Das linke Schambein ist um 2 mm nach innen gerückt. Die ungenannten Beine sind bereits in allen Stücken verschmolzen.

Die Lendenwirbel verfolgen eine Supination sofort vom Vorberge aus.

Das linke Darmbein ist hinten etwas hohler geschaufelt als das rechte; beide sind mässig dick.

Der Tiefe des kleinen Beckens nach kann man das Mädchen schon den Erwachsenen zuzählen. Das Schwanzbein ragt fast bis zum dritten Theile des Beckenausgangs. Der Vorberg ist wie bei geschlechtsreifen Frauenzimmern gestaltet.

Die Dornfortsätze der Lendenwirbel ragen stark nach abwärts; ebenso der des 2. und 3. Kreuzwirbels. Der 5. Sacraldorn klafft hinten 1 cm

Die Längskrümmung des fünf meist noch knorpelig vereinigte Stücke zählenden Kreuzbeines verhält sich zur Querkrümmung = 22:17.

Das 1. Stück des Schwanzbeines ist mit 2 deutlichen Hörnern versehen, das 2. Stück mit Ansätzen zu solchen; das 3. ist nach rechts, das 4. nach links abgewichen — alle sind verknöchert und mit Gelenken versehen.

Die durchscheinende Stelle ist links dünner, die Furche vor der Ohrfläche rechts tiefer.

Der Schoosswinkel ist, wie die Entfernung der Darmbeinkämme von einander, überweiblich; die Beckenneigung regelrecht.
Die Beckenneigung hat querovale, ausgiebige Form, die Höhle übermässige Breite, der Ausgang auch in den Dist. spin. isch. keinen Mangel.

Die Beckenschaufeln sind hinlänglich und im Kreuz- wie Beckentheile gleichlang. Die Eindrücke deuten überall auf hochentwickelte Musculatur. Die *S*-Krümmung ist tadellos; vorn fehlt die bei Nr. 41 erwähnte 3. Krümmung.

Die Schamfuge ist 17 mm breiter als hoch. Der Sp.-Durchmesser ist 55 mm kürzer als der Cr.-Durchmesser und 95 mm kürzer als der Abstand der Trochanteren am trockenen Becken! Die Dist. spin. post. würde einer 25jährigen Ehre machen, nicht minder die Breite des Kreuzbeins.

Maasse des Schwanzbeins: 41 breit, 35 lang, oben ohne Hörner 4 mm dick.

Die grossen Hüftlöcher gleichen stehenden Kartenherzen, die Foram. obtur. schräg liegenden anatomischen Herzen.

	Höhe.	Breite.	Dicke.
Körper des Lendenwirbels IV . .	27	50	rechts 31mm, links 30
„ „ „ V . .	32	51	
„ „ Kreuzwirbels I . .	30	46	
„ „ „ II . .	22	27	
„ „ „ III . .	21	24	
„ „ „ IV . .	17	23	
„ „ „ V . .	15	21	8
Wirbelkanal am IV. Lendenwirbel		22	16
„ „ V. Kreuzwirbel		17	4

Von den hinteren Sacrallöchern hat das oberste rechts den grössten Durchmesser (10 cm), das 3. links den kleinsten (5 mm); vorn ist das oberste rechts 15 mm weit, das 4. links nur 7 mm.

Der Lendenkreuzwinkel ist auf 109° herabgemindert, der Lendenschenkelwinkel wieder ein übermässiger: —4°.

XVI. Becken eines Mädchens von 15 Jahren; Nr. 80.

Auch dieses Becken, dessen Inhaberin am 22. Mai 1877 an Lungentuberculose starb, ist ein überweiblich breites, obgleich der Uterus dieses Mädchens in der Entwickelung zurückgeblieben war (vergl. Becken XIII). Die Seitenbeckenbeine und die Wirbel des Kreuzbeines sind ganz verknöchert, doch erkennt man noch zwischen den oberen vier falschen Wirbeln Spuren der Nähte.

An dem künstlichen trockenen Becken sind drei Lendenwirbel gelassen; von diesen sind der 3. und 4. links etwas höher als rechts, der 5. ist rechts höher, dem entsprechend verlaufen die linken Querfortsätze dieser 3 Wirbel und der rechte Querfortsatz des 5. Wirbels schräg nach aufwärts, die Querfortsätze des 3. und 4. Wirbels rechts wagrecht. Genannte 3 Wirbel kommen von links oben nach rechts unten schräg auf den charakteristischen Vorberg herab, welchem die Schoossfuge nicht genau gegenüberliegt: sie weicht um 3 mm nach links ab.

Man kann dieses Becken als vorzeitig verknöchert bezeichnen, wobei es im Diam. Baudelocque und in der Conjugata vera um etwa 1 cm von den hiesigen Durchschnittsmaassen zurücksteht.

Die Schenkelpfannen messen 48 bis 46^{mm} längs, 45 quer.

Im Profile weichen die Lendenwirbel vom Vorberg aus jäh nach hinten oben zurück.

Die mässig (mehr die rechte) geneigten Darmbeinschaufeln sind ausserordentlich dick und fest; dabei ist das ganze Becken nicht besonders schwer.

Trotz der beträchtlichen Supination der Lendenwirbel steht der Dorn des 5., allerdings viel kleiner als der 4. und 3., vom Dorne des 1. falschen Wirbels bedeutender ab als alle Lenden- und Kreuzdornen untereinander. Zwischen den Kreuzdornen erheben sich halbmondförmig hinten messerscharfe verbindende Knochenbrücken, deren obere den Wirbelkanal ganz verschliessen; die 3. Brücke lässt rechts und links je ein Längsgrübchen erblicken; jedes dieser Grübchen hat oben und unten je einen lochförmigen Ausläufer. Die oberen Ausläufer sind nach oben vorn, die unteren nach unten vorn gerichtet; der linke untere führt deutlich in den Wirbelkanal.

Die untersten Wirbellöcher sind namentlich hinten fast doppelt so breit als die nächst höheren. Der 5. und 6. falsche Wirbel sind hinten (6 und 14^{mm}) offen.

Die Längskrümmung des Kreuzbeins ist 6^{mm} tiefer als die des vorigen und beginnt im 4. Wirbel energischer zu werden. Die Querkrümmung, übrigens ansehnlich, wird vom 3. falschen Wirbel insofern verlassen, als dieser rechts eine Flächenwucherung nach vorn trägt.

Der 6. Kreuzwirbel wendet sich mit seiner Spitze nach hinten und nimmt das ganz knochige, kurze, dicke Schwanzbein in eine Niesche von hinten her auf, ist aber vorn knorpelig mit ihm vereinigt, sowie auch feine Knorpelsäume zwischen den vorhandenen Schwanzwirbeln hinziehen.

Die durchscheinende Stelle ist links breiter, der Sulcus besonders unten kräftig.

Schosswinkel und Beckenneigung erreichen nahezu das Mittel.

Der Beckeneingang ist querelliptisch, doch im hinteren Bogen durch das etwas hereintretende sehr breite Kreuzbein gedrückt.

Die Spinae ischii ragen scharf nach innen.

Die Darmbeinschaufeln, hinreichend lang, sind im Kreuzantheile vorzüglich mächtig, die *S*-Krümmung ist links stärker als rechts; die Aussenflächen beider Schaufeln, namentlich der rechten, zeichnen sich durch Knorren und Leisten für die Muskelursprünge aus.

Die Schamfuge ist auch verhältnissmässig die breiteste unter allen von mir beschriebenen Kinderbecken.

Die grossen Hüftlöcher sind stumpf dreieckig, sehr geräumig; die Foram. obtur. ebenfalls beinahe gleichschenkelige stumpfspitze Dreiecke.

Abgesehen von dem beschriebenen 6. falschen Wirbel kommen die

Theile des Kreuzbeins fast denen des vorigen Beckens gleich; der Wirbelkanal ist etwas flacher (24:12).

Lenden- Kreuz- und -schenkelwinkel fallen nach dem Obengesagten der eine sehr spitz, der andere sehr negativ aus.

B. Entwickelungsgang des kindlichen Beckens.

Es wird, ehe wir an die Schicksale der einzelnen Maasse des Beckens, besonders der Durchmesser seiner Höhle und an den Vergleich mit den Becken Erwachsener und mit kranken Becken herantreten, von Nutzen sein, erst gewisse Cardinalpunkte aufzubringen, welche den bewundernswerthen Aufbau des Beckens von verschiedenen Seiten betrachten lassen und zur Erfassung des Gesammtbildes führen.

Inmitten dieser Bestrebungen muss ich auf schon Gewonnenes zurückgreifen und habe meine Funde auf Angaben C. J. M. Langenbeck's, A. Kölliker's,[1] Robin's, Schwegel's, E. Rosenberg's, Gegenbaur's, Rambaud's, Renault's und Fehling's zu stützen.

Zwischen den Urwirbeln und um die von ihnen umschlossene Chorda bildet sich die häutige Wirbelsäule mit den das Rückenmark einscheidenden häutigen Bogen. Die Ligamenta intervertebralia bleiben häutig, dagegen wird die Chorda anfangs des 2. Fötalmonates von den gegliedert auftretenden Wirbelknorpeln eingeschnürt; letztere senden die erst im 4. Monate sich oben schliessenden knorpeligen Bogen Ende des 2. Monats von sich aus; die Seitentheile der Kreuzbeinknorpel verschmelzen in der Regel untereinander, während dies die Seitentheile der letzten, nur unvollkommene oder keine Bogen bildenden Steisswirbel nur zuweilen thun. So bleiben der 1. und 2. Steisswirbel nach Verschmelzung der Spitze des Kreuzbeins mit dem Steissbeine noch länger gegen einander beweglich.

Die Verknöcherung der Wirbelsäule beginnt am Schlusse des 2. Fötalmonates, erreicht den Kreuzwirbel aber erst im 5., den 4. falschen Wirbel im 6., den 5. im 7. Monate (Fehling, *Archiv f. Gynäk.*, X, S. 26 und 31). In der 7. Woche entstehen zuerst in jeder Bogenhälfte ein Knochenpunkt, kurz darauf einer im Wirbelkörper aus zwei ursprünglich getrennten Stücken, zunächst in den letzten Rückenwirbeln, um von da nach beiden Seiten fortzuschreiten.

Im 5. Fötalmonate erreichen in den Lendenwirbeln die Ossificationspunkte die Oberfläche des Knorpels.

---

[1] Kölliker, *Entwickelungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere.* 2. Aufl. Leipzig, Engelmann, 1879. S. 402, 417 und 499.



Auch die gewöhnlich fünf Wirbel des Kreuzbeins gehen jeder aus drei Stücken hervor; bei den ersten 3 oder 4 Wirbeln kommen im 6.—8. Fötalmonate noch accessorische, rippenähnliche Stücke hinzu, welche am vorderen Theile des seitlichen breiten Anhanges sitzen. — An den letzten und andeutungsweise auch an den zwei vorhergehenden Steissbeinwirbeln hat Rosenberg beobachtet, dass die ersten Knorpelanlagen bilateral auftreten. Darauf sind ohne Zweifel die beiden symmetrischen Knochenpunkte zu beziehen, welche ich (S. 46) von dem zehnjährigen Mädchen beschrieben habe am hinteren Ende des 1. Schwanzwirbels.

Fehling macht in Bezug auf den Bauplan der uns beschäftigenden Gerüsttheile wiederholt (a. a. O., S. 35) darauf aufmerksam, dass der Knochenkern des 1. Kreuzwirbels vorn, der des 4. hinten höher ist; beim Neugeborenen (a. a. O., S. 43) beträgt der Höhenunterschied 1 mm. Die Breite des Knochenkernes im 1. Kreuzwirbelkörper betrug bei einem männlichen Foetus im 6. Monate 3·8 mm; zu dieser Zeit treten auch in den Bogenfortsätzen die ersten Knochenkerne auf, während die Flügel erst im 7. bis 8. Fruchtlebensmonate daran kommen. Die Flügel treten überhaupt Mitte des 3. Monates auf, so auch werden die vorderen Heiligenbeinlöcher deutlich; bemerkbar nach vorn krümmen sich die Flügel erst im 6. Fötalmonate. Bei Knaben verhält sich die Querfaltung anders (Fehling, a. a. O., S. 23, 44, 71, 77). — Die Längskrümmung des Kreuzbeines beginnt Mitte des 3. Fötalmonates, wird aber Ende des 4. erst deutlich und geht zeitig (Anfang 5. Monates) in die von H. Meyer und Fabbri d. V. betonte scharfe Abbiegung des 4. und 5. Wirbels nach vorn, in die Beckenhöhle herein, über, kann jedoch bei Knaben erst sehr spät eintreten (Fehling, S. 6, 7, 11, 14, 31). Bisweilen beginnt diese stärkere Krümmung erst mit dem fünften falschen Wirbel.

Während nun die Lendenwirbel im 4. Fruchtmonate bestimmt zu verknöchern anfangen, die Wirbelbogen beim Neugebornen grösstentheils verknöchert und es ganz sind in der 7. Woche nach der Geburt, findet ihr hinterer Verschluss Ende des I. Lebensjahres und ihre Vereinigung mit den Körpern der unteren Lendenwirbel Anfang des III. Jahres statt, wo dann auch die Dornen derselben ganz verknöchern (erste Knochenkerne treten hier im 10. Fruchtmonate auf).

Accessorische Knochenpunkte.

Zu den 3 Knochenkernen, welche die Hauptmasse der Wirbel darstellen, gesellen sich in späteren Jahren noch mehrere Punkte; 1) an den Processus mamillares der Lendenwirbel (Kölliker, a. a. O., S. 408), 2) an den Spitzen aller Dornfortsätze um die Zeit der Pubertät nach Sömme-

ring, 3) an den Spitzen aller Querfortsätze — in beiden Fällen (2. und 3.) einfach oder doppelt; 4) vereinzelt an den Gelenkfortsätzen; 5) an den Endflächen der Wirbelkörper als Epiphysenplatten (E. H. Weber). Alle diese Kerne erscheinen erst zwischen dem 8. bis 15. Jahre und später (Schwegel) und verschmelzen erst um das 25. Jahr mit der Hauptmasse der Wirbel.

Ende 4. Fötalmonates nehmen die Kreuzwirbel der stehend gedachten Frucht von oben nach unten (nach Kölliker's Bezeichnung von vorn nach hinten) an Breite ab (Fehling, a. a. O., S. 10). — Der knöcherne (falsche) Dorn des 1. Kreuzwirbels wächst im III. Jahre nach der Geburt heraus; der 2. Wirbel schliesst sich hinten im V., der 3. im VI. Jahre, der 4. und 5. vom VIII. Jahre an. Die Vereinigung des Mittelstückes mit den Flügeln vollzieht sich an den unteren falschen Wirbeln im III., an den oberen erst zwischen dem V. und XIV. Lebensjahre. Auch die Kreuzbeinwirbel empfangen nach Kölliker erst nach der Pubertät knöcherne Epiphysenscheiben, zu welchen Kernen sich im 18. bis 20. Jahre noch je 2 seitliche Platten, eine obere an der Superficies auricularis und eine untere neben den zwei letzten Wirbeln gesellen, die um das 25. Jahr sich mit dem Hauptknochen verbinden. Die Flügelstücke des 4. und 5. falschen Wirbels verschmelzen in meinen Beispielen schon vom 10. Lebensjahre an, in welchem auch die Verknöcherung der untersten dünnen Ligamenta intervertebralia beginnt; Langenbeck und Kölliker lassen die unteren falschen Wirbel sich erst im 18. Jahre vereinigen und die oberen erst nach dem 25. Jahre.

Das Schwanzbein

bekommt seinen ersten Knochenkern mitten im obersten Wirbel nach meinen Präparaten meist schon vor der Geburt; der 2. Wirbel verknöchert zwischen dem I. und V., nach Langenbeck im V. bis X. Lebensjahre; der 3. von da an oder im VI., nach Langenbeck im X. bis XV.; der 4. zwischen dem X. und XIV. Jahre, bisweilen mit doppelten Knochenpunkten (nach Langenbeck und Kölliker erst nach der Pubertät). — Einen 5. Steisswirbel sah ich nur zweimal; Rosenberg nimmt, wenn das Sacrum mit dem 29. Wirbel endigt, die Anlage von 6 Steisswirbeln an. Die nahebevorstehende Verschmelzung der Schwanzwirbel unter einander beobachtete ich schon bei einer 15jährigen Person; Kölliker lässt die 3 unteren Wirbel sich erst im 3. oder 4. Decennium vereinigen, die oberen 2 und den 1. mit der Kreuzbeinspitze noch später. Es war daher eine vorzeitige Verknöcherung, als ich bei dem VIIIjährigen Mädchen (S. 44) das Steissgelenk bereits in Verknöcherung begriffen antraf.

Das Hüftbein

hat als Vorläufer einen zusammenhängenden Knorpel von der Gestalt des späteren Knochens, nur mit weniger ausgebildeten Vorsprüngen, z. B. fehlt der untere vordere Darmbeinstachel. Nach Rosenberg besteht die Anlage aus zwei Stücken, dem Darmsitzbeintheile und dem Schambeintheile. Die Verknöcherung beginnt jederseits mit drei Kernen, einem im Darmbein (3. bis 4. Fötalmonat), einem (selten zweien) ovalen im absteigenden Aste des Sitzbeines nahe der Pfanne (4., öfter 5. Monat) und einem (selten zweien) im wagrechten Schambeinaste (5. bis 7. Monat).

Beim Neugebornen sind noch knorpelig der Darmbeinkamm, der ganze Pfannenrand und die Pfanne, in deren Tiefe jedoch drei Knochenkerne, durch Knorpel getrennt, der Oberfläche nahstehen, der aufsteigende Sitzbein- und der absteigende Schambeinast, der Sitzbeinhöcker und der Stachel. Zwischen dem 6. und 12. bis 14. Jahre entstehen drei Epiphysenkerne da, wo die drei Knochen in der Pfanne zusammenstossen: Epiphyses acetabuli, Schwegel. Einer davon ist am Schambein (os cotyloïdien, os acetabuli) von besonderem Belang, weil derselbe, wenn er später mit dem Sitzbeine verschmilzt, das Schambein von der Pfanne ausschliesst. Dieses bei einzelnen Thiergattungen (Gegenbaur) regelmässige Vorkommen sah ich bei meinen menschlichen Becken nur einmal und zwar bei dem einjährigen böhmischen Mädchen Nr. 7. Hier geht der wagrechte linke Schambeinast eine Synostose mit dem über das Pfannendach herüber, nach vorn innen greifenden, epiphytischen Fortsatze des linken Darmbeines ein; diese Naht läuft schräg nach innen 4 bis 3 m/m vor dem inneren Pfannenrande herab, und der Darmbeintheil des inneren Pfannenstückes wird vom epiphytisch sich hinauferstreckenden, schon verknöcherten aufsteigenden Sitzbeinaste aufgenommen. Im Uebrigen ist der Schambeinantheil der kindlichen Pfannen der geringste unter den beregten drei Knochengewölben und beträgt durchschnittlich kaum $^1/_9$ des Kugelabschnittes.

Um dieselbe Zeit wie obige Kerne entstehen auch je ein Epiphysenkern an der Superficies auricularis des Ileum und am Symphysenende des Os pubis und Nebenknochenpunkte im unteren vorderen Darmbeinstachel, dem Darmbeinkamme, der nach Langenbeck bis zum XVIII. bis XX. Jahre ein besonderes Knochenstück bildet, der Tuberositas und Spina ischii, dem Tuberculum pubicum, der Eminentia ileopectinea und dem Grunde der Pfanne: „Apophyses juncturae". Die drei Hauptstücke sind nun sammt ihren im 14. bis 18. Jahre mit den betreffenden Diaphysen verschmelzenden Epiphysen in der Pfanne bis zur Pubertätszeit durch einen Y-förmigen, die Knochenkerne der Apophyses juncturae enthaltenden Knorpel geschieden; die Verschmelzung dieser Theile tritt im 17. oder 18. Jahre ein, nachdem

im Grunde der Pfanne vorher oft ein einziger Knochenkern entstanden ist: „Os acetabuli" (Kölliker). Die Nebenkerne verschmelzen erst gegen das Ende der Wachsthumperiode mit dem Hauptknochen. — Im 10. Fötalmonate werden die Kerne im Hüftbeine vieleckig, wie gezähnt, die der Kreuzwirbelkörper viereckig (Fehling, a. a. O., S. 39); bei reifen Knaben tritt zuerst ein selbständiger Knochenkern für die Spina posterior superior auf (a. a. O., S. 45). — Die durchscheinende Stelle der Hüftbeinschaufel bemerkte ich zuerst im VI. Monate nach der Geburt, den Sulcus praeauricularis wenig später.

Des Sitzbeines

aufsteigender Ast verknöchert erst im III. Lebensjahre, um sich im VII. Jahre oder noch später mit dem Schambeine zu vereinigen. Auf dem Sitzknorren bleibt bis zur Pubertät ein Umfangsknorpel (Langenbeck).

Das Schambein

ist zwar meist mit Abschluss des I. Lebensjahres solid, weist aber noch lange, ja selbst im VIII. Jahre, eine der Spina pubis entsprechende Grenzfurche da auf, wo früher ein Knorpelsaum die schräg auf einander reitenden Knochenkerne des wagrechten und des absteigenden Astes trennte. Beim rachitischen Becken erhält sich dieser Knorpelsaum noch bis ins II. Lebensjahr hinein und tritt ein mittler Knochenkern am oberen Saume der Schamfuge auf, zu dessen beiden Seiten je ein oder mehrere Knochenpunkte, die auch an normalen Kinderbecken vorkommen, sich anreihen. Der wagrechte Ast verschmilzt mit dem Körper des Darmbeines erst nach dem 13. Jahre.

Das Oberschenkelbein

erhält seinen Diaphysenkern am Ende des 2. Fruchtmonates und verknöchert von da aus bald in grosser Ausdehnung. Im 9. Monate tritt der berufene Kern in der unteren Epiphyse auf und einer im Kopfe bald nach der Geburt. Im III. bis XI. Jahre kommen hinzu ein Kern im grossen Rollhügel und im XIII. bis XIV. Jahre einer im kleinen Rollhügel. In umgekehrter Reihenfolge verschmelzen dann diese Kerne mit der Diaphyse zwischen dem 17. und 24. Jahre und sonach der Trochanter minor zuerst; zuletzt die untere Epiphyse (Kölliker). Auch die Condylen des Femur haben ihre besonderen, vom IV. bis VIII. Jahre entstehenden Kerne, die vom VII. bis XIV. Jahre sich mit den Epiphysenkernen vereinigen (Schwegel). — Im 5. Fötalmonate steht die Spitze des Troch. major gleich hoch wie der oberste Umfang des Caput femoris; der Hals ist beim Neugebornen nur angedeutet.

Während aber bei der 5monatlichen Frucht die Verknöcherungsgrenze des Femur noch unter- und ausserhalb der Kapselanheftungslinie liegt, ist sie beim Neugeborenen 3 bis 4 ^{mm} darüber hinweg in die Kapsel hineingerückt (Schoemaker)[1].

Die Bänder und Gelenke des Beckens

haben uns schon Seite 52 und bei Gelegenheit der Beschreibung einiger Gelenkknorpel beschäftigt.

Die Scheiben zwischen den Wirbeln nehmen im 5. Fruchtmonate, namentlich in dessen zweiter Hälfte auffallend an Dicke zu, und im 10. Monate sind die zwischen den unteren Lenden- und den oberen Kreuzwirbeln befindlichen am dicksten (höchsten). Ende des 6. Monates tritt zuerst, indem sich die Bandmasse in der Mitte verflüssigt, in den Lendenscheiben eine kleine Spalte auf (Fehling), welche im 10. Monate sehr breit geworden, zwischen den Kreuzwirbeln erst kurz vor der Geburt überhaupt auftritt. — Die von Eduard Weber zuerst gewürdigte Spalte zwischen dem Kreuze und jedem Hüftbeine wird ebenfalls vom 6. Monate an bemerkt (Fehling, a. a. O., S. 23), die in der Schoossfuge sehr selten schon im 10. Monate, gewöhnlich erst im VII. Lebensjahre (Aeby).

Was das Hüftgelenk betrifft, so geht nach Schoemaker an ihm wie an den meisten anderen Gelenken beim 3- bis 4monatlichen Foetus von der Anheftungsstelle der Synovialmembran ein gefässreiches Häutchen auf die knorpelige Gelenkfläche fort, das nach der Geburt geschwunden zu sein pflegt.

Fehling hat (a. a. O., S. 16) gezeigt, dass die Hüftbeinplatten sich Ende des 5. Fötalmonates flacher legen und zugleich eine Spur von Einknickung an der Anheftungsstelle des Ligamentum ileolumbale zeigen, den Anfang zur *S*-förmigen Krümmug, welche ich erst Ende des I. Lebensjahres deutlich ausgeprägt finde. Beide die Schönheit des weiblichen Beckens bedingenden Formwandlungen sind beiden Geschlechtern gemeinsam; die Schaufeln der Mädchen aber stehen im 6. Fötalmonate noch steiler als im Knabenbecken (a. a. O., S. 25). Schon mitten im Kindesalter kommen weibliche Becken vor, welche ausser den bekannten zwei Krümmungen des Darmbeinkammes noch eine dritte vorn nach aussen darbieten, als Wirkung des M. tensor fasciae und der vorderen Bündel des M. glutaeus medius; ausserdem ist bisweilen der äussere Verlauf des wagrechten Schambeinastes kurz vor der Spina anterior inferior ilium zu einer

[1] A. H. Schoemaker, *Nederl. Tijdschr. v. Geneesk.* 1872. 1. Afd. p. 14.

ansehnlichen Grube ausgehöhlt, welche Ausschweifung Folge der starken Entwickelung des M. iliacus internus da ist, wo er in die Sehne übergeht. Andere individuelle Unterschiede, welche für Entstehung des Geschlechtsunterschiedes, der Racenbecken und der Uebergänge zum kranken Becken überaus wichtig sind, machen sich bereits im 6. Fötalmonate bemerklich (Fehling a. a. O., S. 22) und werden uns in der Folge noch manchmal beschäftigen.

Schon frühere Forscher haben über das Herkommen und die Bedeutung der Sceletttheile tiefer nachgedacht. Beachtung verdient, was Oken zur Deutung der Beckenknochen beiträgt:

„Der Mensch hat zwei Gliederpaare, wie alle höheren Thiere, wovon das eine der Brust oder dem Athemsysteme, das andere dem Becken oder dem Reproductionssysteme angehört, nicht dem Bauch- oder Verdauungssysteme, welches keine Glieder hat: wenn ein Thier kein Reproductionssystem hätte, so würde es auch keine Hinterglieder haben, wenngleich ein Bauch vorhanden wäre." (Andeutung des beschränkten Beckens in einigen Fällen von Mangel oder Verkümmerung der Geschlechtstheile.)

„Man kann die Vorderglieder oder Arme als einen zweiten, äusseren Rippenkasten betrachten, der um den eigentlichen herumgelegt und vorn geöffnet ist. Wollte man die Finger als freigewordene Rippen ansehen: so würden die Arme als ein äusserer freigewordener Brustkasten von fünf veränderten Rippen betrachtet werden müssen."

„Das Becken entspricht der Schulter und besteht jederseits aus einem Hüftblatte, dem unteren Hüftbeine (Sitzbeine) und dem vorderen (Schambeine); das Hüftblatt unterscheidet sich von dem Schulterblatte hauptsächlich dadurch, dass letzteres an den Rippen beweglich befestigt ist (vergl. die Kreuzrippen S. 53).

„In der frühesten Jugend ist die Zahl der knöchernen Theile des Gerippes (Knochenkerne) viel grösser, und diese ist eigentlich diejenige, welche als richtig angenommen werden muss, besonders wenn man das menschliche Gerippe mit dem der Thiere vergleicht, wo die Knochen grösstentheils lebenslänglich getrennt bleiben und so zu sagen im Kindeszustande verharren. Die Thiere sind, mit dem Menschen verglichen, durchgängig Kinder, viele davon nur unreife, und in diesem Sinne darf man den Menschen das einzige ausgewachsene Thier nennen."

Die Schwanzwirbel stehen eigentlich den bei Holothurien und gewissen Larven ausgebildeten Afterkiemen vor, welche letztere bei den höhren Thierklassen bis auf drüsige Rückstände verkümmern.

Im Sinne Oken's wiederholt also nunmehr das Becken die Schulterknochen und würde der knochig werdende Mantel der schon im Fötalleben verkümmernden Kreuzrippen sein. Nur muss man sich vorstellen, dass

Schulter und Becken verkehrt zu einander stehen; nämlich was dort nach vorn, sieht hier nach hinten. Daher entsprechen die Muskeln, welche von den oberen Theilen der Schulterblätter kommen, denjenigen, welche von den unteren Theilen des Beckens entspringen. Sofort verräth sich das Sitzbein als die Schulterhöhe (Acromion) und bekommen die Muskeln die entsprechende Lage mit denen der Vorderglieder, indem selbst die, welche vom Sitzbeine entspringen, nicht mehr nach hinten, sondern unten und vorn gerichtet gedacht werden.

Nach Gegenbaur's Untersuchungen sind aber auch beide Extremitätengürtel umgewandelte Kiemenbögen, welche anstatt der Kiemenblättchen Flossen tragen. H. Welcker (Zur Lehre vom Bau und der Entwickelung der Wirbelsäule, *Zoologischer Anzeiger* Nr. 13, S. 291, 1878) stellt eine noniusartige Vertheilung der Charaktere der verschiedenen Wirbelsorten auf; am schärfsten tritt sie in den Wirbeln des Faulthieres hervor. Vom Menschen führt er ein Beispiel von Uebergangsformen vor: 33 Wirbel; das Sacrum hat deren 6, der 29. Wirbel hat Uebergänge vom Steiss- zum Kreuzwirbel, der 24. solche zwischen Lenden- und Kreuzwirbel; der 19., lendenwirbelartige, hat verkümmerte Rippen, der 7. deutliche Rippen.

Die Seitenwände des Beckens gewinnen also sehr zeitig die Ueberhand über die Hinterwand, welche allerdings in den oberen Kreuzwirbeln zumal beim männlichen Geschlechte dem übrigen Skelette bald nachkommt und die beim weiblichen Geschlechte später das männliche überholenden Flügel des Heiligenbeines rechts und links herausschiebt. Aber die Wachsthumsenergie findet in dem peripheren Knochenringe ihre relative Grenze in der Längsrichtung erst dann, wann die Halbreifen sich in der Schoossfuge (bei den höheren Wirbelthieren) wirklich zum Ringe geschlossen haben. Die Krümmung müsste wohl nach den Grundsätzen von His in einem schnelleren Wachsen der äusseren Schichten der knorpeligen Anlage gegen die inneren und in einem Widerstande zu suchen sein, welchen der vordere, freie Rand des gebogenen Schenkels, des Hüftbeines, mit seinen vorderen Gliedern, dem Sitz- und Schoossbeine trifft.

Sitz- und Schossbein sind in niederen Gattungen der Amphibien noch zu einem Stücke vereinigt; ihre Spaltung vollendet erst in den höchsten Gattungen der Amphibien den das eirunde Loch umschliessenden Knochenring, welcher gelegentlich, z. B. bei dem 3jährigen Kinde Nr. 25 noch klaffen kann. Wir haben uns also vorzustellen, dass die vom Nervus obturatorius und den ihn begleitenden Gefässen bedingte Knochenlücke von einem dieselbe überwuchernden, aber nicht füllenden Bildungstriebe beeinflusst wird. Die weise Natur spart auch hier Raum und Last, ohne der Haltbarkeit Einbusse zu bringen; auch während der Geburt ist es wichtig, dass bei Schädelgeburten Hinterhaupt oder Vorderscheitel es mit einer

grossen membranösen, nicht knöchernen Strecke an der mütterlichen Beckenwand zu thun haben — gerade in dem engsten Passe.

Die Abschliessung des eirunden Loches durch Knochensubstanz und die breite Ausstattung der ganzen vorderen Beckenwand — breiter beim Weibe als beim Manne — lassen sich wiederum, wie das Breiterwerden des Kreuzbeines nach dem VII. Lebensjahre, auf Erblichkeit zurückführen, und aus den Aufgaben erklären, welche eine unabsehbare Reihe von Ahnenmüttern aufwärts hatte. Die Beckenknochen treten mit den hinteren Extremitäten als deren Anhefte- und Widerhaltstücken auf; je mehr die Beine zu leisten: zu tragen und zu schieben haben, um so haltbarer und doch wiederum gelenkiger müssen die den Bauch abschliessenden Knochenschalen werden. Der zum Aufrechtstehen sich ermannende Mensch stärkte und weitete zugleich die Capitäler seiner beweglichen Säulen, der Gehwerkzeuge durch Druck und Uebung aus. Dem Drucke der Schenkelköpfe nach der Beckenhöhle wirkte die Verknöcherung der Pfanne entgegen und wurde die hochelastische Textur der Pfannenumgebung frühzeitig angepasst; später dehnten und reizten zugleich zum Ansatze von Knochenplatten das Gewicht der Baucheingeweide und endlich, während der Schwangerschaft, die Last der wachsenden Frucht. Hat die Last des Eies viele Generationen hindurch noch junge Frauen betroffen, deren Becken noch nicht ganz in der Verknöcherung abgeschlossen hatten: so wird die vordere Beckenwand, welche während des Stehens, Sitzens und Gehens am meisten zu tragen, überhaupt zu leiden hat, beim Weibe endlich breiter und in den Winkeln offener ausfallen, als am männlichen kleinen Becken. Die später als beim Manne eintretenden Functionen bedingen wahrscheinlich auch den später erwachenden gesteigerten Knochenabsatz in dieser Gegend; die Erhaltung und Vererbung solcher Typen bleiben dabei immer noch grossartige Geheimnisse. Der Descendenzlehre möglichst viel Zugeständnisse machen und ihr neue Seiten abgewinnen, ist jener Lehre, welche uns schon so viele unerwartete Aufschlüsse gegeben, würdig; sie ist aber nur verständlich unter den Zugeständnissen eines Oken und Kölliker, dass sie eingeschränkt werden muss durch die Hypothese der stufenweisen Entwickelung der Organismen, wobei neue Anläufe auf unvollkommene Formen zurückgreifen, ehe sie zu Formen führen, die der letzten Stufe allemal überlegen sind.

Wann beginnt der Geschlechtsunterschied der Becken?

Fehling hat dargethan, dass einige Geschlechtsunterschiede schon Anfang des 4., merkbarer aber in der 2. Hälfte des 5. Fötalmonates hervortreten: es sind das Ueberwiegen der Breite der Schoossfuge über die Höhe beim Mädchen und das Breiterwerden des vorderen Beckenhalbringes, in dem bei Mädchen die Distantia ileopubica die Sacralbreite zu übertreffen

beginnt. Zugleich wird mit einzelnen Ausnahmen der weibliche Schambogen mehr abgerundet, manchmal auch schon die Incisura ischiadica in Folge kräftigeren Wachsthums des Darmbeines. Während also die Querspannung im kleinen Becken bei Mädchen zeitig nach vorn rückt, entwickeln sich die Platten des Hüftbeines vor der Geburt stärker bei Knaben und stehen sie bei neugeborenen Mädchen steiler als bei den Knaben. Fehling leitet daher die auffallende Thatsache, dass angeborene Verrenkung des Schenkelkopfes fast ausschliesslich bei Mädchen gefunden wird. Das Mädchenbecken stellt demnach im Eingange eine mehr querovale Form, das Knabenbecken eine stumpf dreieckige; beide Becken sind beim Neugeborenen nach dem Ausgange zu gleichmässig verengte Trichter, wobei die seitliche Wand der Knaben höher ist, als die der Mädchen.

Wann wird die Breite der Schoossfuge des Mädchenbeckens grösser als deren Länge?

Im 4. Fruchtmonate fängt dieses Verhältniss zu Gunsten der Mädchenbecken zu schwanken an; im 9. ist es für die Mädchen entschieden. Einen merkwürdigen Rückfall finde ich im III. Lebensjahre, wo sämmtliche mir zu Gebote stehenden Mädchenbecken beide Maasse nahezu gleich, ja das Längenmaass in zwei Beispielen etwas grösser darbieten; auch ist zu bemerken, dass das schöne Skelett eines XIV jährigen Knaben beide Maasse gleich gross an sich trägt.

Wann wird der Schoosswinkel = 90°?

Die weibliche Grösse des Schoosswinkels, Ende des 4. Fötalmonats angebahnt, erreicht ihre Norm erst im XIII. Lebensjahre.

Wann rundet sich der grosse Hüftausschnitt?

In einzelnen Fällen wird der grosse Hüftausschnitt, vorher spitzwinkelig, bereits Anfang des 5. Fötalmonats abgerundet und kann im I. Jahre nach der Geburt oben breiter als unten an seinen offenen Schenkeln werden. Rachitische lassen diese schöne weibliche Form vermissen.

Wann tritt die Spina pubis auf?

Zu Anfange des 8. Fruchtmonates, deutlicher bei Mädchen als bei Knaben.

Wann der Vorberg?

Die Stelle des Vorbergs ist noch beim Neugeborenen eine gleichmässige Curve; erst Anfang des III. Lebensjahres setzt sich der 5. Lendenwirbel kantig gegen den 1. falschen Wirbel ab. Das Zustandekommen hat Fehling (a. a. O. S. 72 und 75—76) auseinandergesetzt. Die angezogene Rumpf-

last kann aber meist erst nach der Geburt wirken, da die Mehrzahl der Früchte bekanntlich auf dem Kopfe steht oder wagerecht liegt.

Wann die Eminentia ileopectinea?

Im 5. Lebensjahre.

Welche Schicksale erfährt das Verhältniss der Conjugata inferior zum Querdurchmesser des Beckeneingangs?

Die anatomische Conjugata, auch C. inferior benannt, wird bekanntlich so genommen, dass eine gerade Linie den oberen Symphysenrand mit dem Punkte des 1. oder 2. Kreuzwirbels verbindet, welcher in der Höhe der Beckeneingangsebene in der Mittellinie liegt. Dieses Maass, viel wichtiger als die sogen. wahre Conjugata, verhält sich bei Neugeborenen in beiden Geschlechtern zum Querdurchmesser = 1:1·20.

Für die folgenden Altersstufen finde ich Werthe:

Lebensjahr . .	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	X.	XII.	XIV.	XV.
Conj. inferior .	33	41	37	54	70	90	71	64	83	103	108	110
Transv.	43	47	47	76	74	88	78	80	86	100	135	150

für Mädchen; für einen XIV jährigen Knaben 85:97 = 1:1·14.

Sehen wir nun schon aus der letzten Proportion, dass die Querspannung schon sehr zeitig angelegt ist, aber nach der Geburt sich vermindern kann, so bringen auch meine Mädchenbecken vom I. bis XV. Lebensjahre individuelle und vielleicht Racenabweichungen, welche die Norm besonders vor dem VIII. Lebensjahre merklich herabdrücken. Summiren wir die Zahlen vom I.—VIII. Jahre, so kommt die Proportion 1:1·16 heraus; jenseits des VIII. Jahres = 1:1·17. Lasse ich das Becken aus dem VI. und das aus dem XII. Jahre als vielleicht pathologisch längsovale weg: so bleibt für die Jahre vor dem VIII. immer noch das Verhältniss = 1:1·19; und erst das reifere Mädchenalter bringt es auf Proportionen wie 1:1·24 und 1·25.

Die einjährige Böhmin ergiebt nur 1:1·15.

Wann wird das Steissbein concav?

Anfang des 9. Fötalmonates. Wir werden in der Folge sehen, dass das Steissbein im Beckenausgange noch in den ersten Lebensjahren dem Scheitel des Schoossbogens sehr nahe tritt, „da die den unteren Theil des Kreuzbeins später emporziehenden Kräfte noch nicht in Thätigkeit sind" (zwei Worte sind hier dem Fehling'schen Satze a. a. O. S. 65, als aus Versehen weggelassen, eingeschaltet).

C. Beleuchtung der einzelnen Messungsreihen.

I. Die Kopfmaasse.

Es ist ethnographisch und auch für die Geschichte der Entwickelung des Beckens von Belang, das Kind darauf anzusehen, wie es sich in Bezug auch auf seine Kopfgrösse zu der eigenen Beckengrösse verhalte, da sein Becken wiederum ein Erbstück theilweis von seiner Mutter ist, durch deren Becken sein Kopf hat wandern müssen.

Grössere Beobachtungsreihen werden meine heute mitzutheilenden Zahlen wohl corrigiren und mehr Gleichmässigkeit in die sich kreuzenden Werthcurven bringen: aber es ist auch belehrend, individuelle Vergleiche anstellen zu können, um zu untersuchen, in wie weit Kopf auf Becken passt. Nur in einigen Fällen musste ich fehlende Lücken durch Maasse aus gleichalten Mädchen ausfüllen.

Zunächst wird in die Augen springen, wie die Grösse des Beckens, beim Neugeborenen weit hinter der Kopfgrösse zurückstehend, bald das Fehlende nachholt, während die Kopfmaasse in der Zunahme mit den Jahren hinter den Beckenzunahmen zurückbleiben — der Kopf des Kindes ist eben in seinem Wachsthume weit eher fertig, als das Becken. Schon hieraus springt die Andeutung heraus, dass die sich ebenfalls erst spät entwickelnden Beckeneingeweide einen Einfluss auf die Zeit der Vervollkommnung des knöchernen Beckenringes üben.

Betrachten wir zuerst das Verhältniss des fronto-occipitalen Kopfumfanges zum inneren Umfange des Beckenringes, so beträgt der letztere beim Neugeborenen kaum den dritten Theil und vor der Pubertät noch nicht ganz den gleichen Werth wie der mittle Kopfumfang einer Person desselben Alters. Auch bei den Erwachsenen bleibt der innere Beckenumfang immer etwas hinter dem erwähnten Kopfumfange zurück, wobei allerdings vom Schädel, um gleiche Werthe zu erhalten, die Dicke des Knochens abzuziehen ist; diese beträgt für das Umfangmass etwa 5 ^{cm}.

	Kopf.	Becken.
Pariser Skelett	495 ^{mm}	400 ^{mm}
Skelett eines 16 jährigen Mädchens	480	370
„ „ 26 „ Weibes (Baiern) . .	530	420

Verhältnisszahlen für Kinder:

Jahre .	0	I	II	III	IV	V	VII	VIII	X	XII	XIV	XV	
Kopf Becken													
1:	0·3	0·3	0·4	0·4	0·4	0·5	0·6	0·5	0·6		0·8	0·8	Mädchen.
											0·65		Knabe.

Das Mädchenbecken wird also allmählich weiter, verglichen mit dem Knabenbecken.

Da ferner während der Geburt der gerade Kopfdurchmesser in den queren des Beckeneingangs zu stehen kommt und der quere Kopfdurchmesser in den geraden des Beckens: so ist an folgender Tabelle erläutert, wie beider Verhältnisszahlen Reihen ziemlich gleichmässig die Beckendurchmesser heranwachsen lassen:

Jahre .	0	I	II	III	IV	V	VII	VIII	X	XII	XIV	XV	
	Kopf, gerader Durchmesser.												
Becken, Querdurchmesser = 1 :	3·33	3·4	2·3	2·5	2·36	2·15	1·8	1·97	2		1·2	1·3	Mädchen.
		3											Böhmin.
									2		1·5		Knabe.
	Kopf, Querdurchmesser.												
Becken, Gerader Durchmesser = 1 :	3·23	3·2	3·13	2·32	2·14	2·7	1·28	1·9	1·84		1·4	1·9	Mädchen.
		2·7											Böhmin.
											1·6		Knabe.

II. Die Neigung des Beckeneinganges

beträgt vor dem 7. Lebensjahre im Mittel:

Bei Mädchen für das 1. Jahr 59, 2. 63, 3. 68, 4. 48, 5. 55, 6. 52°
„ Knaben „ „ „ 50, „ 66°
Bei Mädechen für das 8. Jahr 60, 10. 40, 12. 48, 14. 55, 15. 54°
„ Knaben „ „ „ 65°,

also im Durchschnitt für Mädchen 54·7°
„ Knaben 60·3°.

Im Ganzen flacht sich also das stark geneigte Becken der Neugeborenen gegen die Pubertät hin um 7° ab.

III. Die Hüftbeinplatten.

Während auf die Grössenverhältnisse der wachsenden Hüftbeine im speciellen Theile zurückzukommen ist, finde hier die im Allgemeinen schon S. 57 beleuchtete *S*-Krümmung eine mathematische Aufnahme. Beim neugeborenen Mädchen lässt sich der Winkel, in welchem der hintere Bogen des Darmbeinkammes von der gestreckten mittlen Linie nach aussen abweicht, auf 46° bestimmen; der vordere nach innen zeigende Bogen beträgt nur 34°.

Im 3. Lebensjahre lässt sich die hintere Krümmung bei verschiedenen Mädchen auf 20 bis 47°, die vordere auf 34 bis 30 bestimmen — es

übertraf also der vordere Krümmungwinkel den hinteren; so auch einmal Ende des 4. Lebensjahres: 24° hinten, 34° vorn.

Die dritte, wieder nach aussen abschweifende Krümmung, welche bereits einmal im 5. Lebensjahre auftritt, beträgt hier = 13°.

Im 14.—15 Jahre erhielt ich Werthe: hinten 34°, vorn 55°;
„ 45°, „ 51°.

Daraus geht hervor, dass die vordere Krümmung bei der kaukasischen Race zeitig die hintere überwächst, wohl in dem Maasse, wie überhaupt das Darmbein nach vorn sich verlängert.

Die Dicke der Schaufeln, am Kamme gemessen, zeigt folgende Werthe:

Bis 3. Lebensjahr . . .	5—9 mm
„ 6. „ . . .	6—12
„ 12. „ . . .	13
„ 15. „ . . .	13—27

Die Tiefe der Schaufeln ist am erklecklichsten in der Längsrichtung und giebt für dieselben Altersklassen 2 bis 7, 5 bis 10, 6 bis 11 mm, selten links etwas mehr als rechts; die quere Wölbung bleibt hinter voriger im I. Jahre kaum, vom IV. an um $^1/_3$ bis fast $^2/_3$ zurück.

Die Neigung der Darmbeinschaufeln maass ich nach Filatoff so, dass ich den äussersten Punkt des Darmbeinkammes, da wo man die Enden des Tasterzirkels rechts und links aufsetzt, um das Quermaass des grossen Beckens zu nehmen, mit dem obersten Punkte der Verbindung des Darm- und Schossbeines durch je eine Gerade vereinigte und gegen den Horizont einen Winkel bilden liess.

Neigung in Graden:

	Mädchen.		Knaben.	
Jahr.	Rechts.	Links.	Rechts.	Links.
I.—III.	139	135	129	128
IV.—VII.	140	139		
VIII.—XII.	139	139		
XIII.—XV.	133	128	115	112

Für die Mädchenbecken hatte ich 18 Doppelmessungen, aus welchen die Mittelwerthe berechnet wurden. Sofort fällt die stärkere Neigung der rechten Schaufel gegen die linke, weniger die wichtigere Thatsache in die Augen, dass auch bei den Knaben die Neigung gegen die Pubertät hin nicht, wie zu erwarten stand, zu- sondern abnimmt.

In der Fötalzeit stehen die Schaufeln bei beiden Geschlechtern noch ziemlich steil; vor der Geburt stellt sich das Verhältniss der Beckenwand des Os ilium zur Darmbeinplatte bei beiden Geschlechtern verschieden,

nämlich bei Knaben weniger steil, als bei Mädchen (Fehling, a. a. O., S. 64 und 66). Aber schon im zweiten Lebensjahre wird das Mädchenbecken flacher, offener, um sich im 13. Lebensjahre wieder etwas aufzurichten.

Dieses Wiedersteilerwerden der Platten bei beiden Geschlechtern vor der Reife kann nur auf das Kräftigerwerden der Bauchmuskeln namentlich beim männlichen Geschlechte bezogen werden. Diese Muskeln wirken von da an nicht allein den Glutaeen kräftiger entgegen, sondern beschränken schon von der ersten Kindheit an den Druck der Baucheingeweide, zumal der Darmgase, welche bei rachitischen und skrofulösen Kindern mit schwächlichen Muskeln die bekannten Dickbäuche zulassen. Demgemäss finde ich denn auch an dem Becken eines 14monatlichen rachitischen Mädchens die Neigung der Schaufeln vermehrt = 140° rechts, 138° links.

Ich hoffe nicht zu irren, wenn ich von dieser Beschränkung der Bauchfüllung bei kräftigen Kindern die Thatsache herleite, dass die Schaufeln nicht nur absolut, sondern auch relativ sich mehr mit den Jahren aushöhlen, tiefer werden.

Die Tiefe der Schaufeln ist in der Längsrichtung beträchtlicher, als in der Querrichtung (2·8:1) und beträgt in ersterer:

Für die Jahre	I—III . . .	2—4 mm
„ „ „	IV—VI . . .	5—10
„ „ „	VII—XII . . .	6—11
„ „ „	XIII—XV . . .	20—26

Dagegen ist das Verhältniss:

Von Länge zu Tiefe der Schaufeln das	I. Jahr	= 20:1
„	II. „	= 10:1
„	XIV. „	= 6:1

Doch findet das Sicherheben der Ufer des grossen Beckens später auch wieder seine Grenze wahrscheinlich in der Last des schwangeren Uterus, welcher die Schaufeln bei jungen Schwangeren gewiss etwas herabzudrücken vermag, wobei auch die wie bekannt mächtig erstarkenden Schenkelmuskeln, welche sich aussen am grossen Becken befestigen, wirken werden. Wenigstens finde ich

bei deutschen Frauen die Neigung der Schaufeln	= 144°
„ Moskowitinnen „ „ „ „	= 139° rechts
	= 137° links.

Giebt hierüber die vergleichende Untersuchung der menschenähnlichen Affen Belehrung?

Ein junger	männlicher Chimpanse	ergab	170°	Neigung
„ „	weiblicher „	„	170°	„
„ „	männlicher Orang	„	158°	„
„	halberwachsener weibl. Orang	„	173°	„
„	junger Gorilla	„	155°	„

Diese Maasse sind so gewonnen, dass man sich das Thier auf dem Rücken liegend denken muss, während die Neigung der Darmbeinschaufeln gegen den Horizont abgenommen wurde. Im Stehen der Thiere fallen dagegen die Schaufeln fast senkrecht ab.

Bei den Raubthieren, noch mehr bei den Nagern, sind die an Fläche geringen Schaufeln fast ganz hinter die Vorderfläche des Kreuzbeines gerückt und stehen auch gegen den Horizont des Thieres in Rückenlage fast senkrecht, die Innenfläche einander zugekehrt. Wir müssen demnach dem Drucke, welchen die Schenkel der Vierfüsser auf das Darmbein ausüben, und der zwischen den Hinterschenkeln am Kreuzbeine hangenden Last des Hinterkörpers theils die stark rückwärtige Lage der Darmbeine, theils ihr starkes Convergiren zuschreiben. Die Vierhänder sind, da sie selten aufrecht gehen, in Bezug auf die Lage der vorderen Darmbeinstacheln ähnlich daran, wie die anderen Säuger, denn diese Stacheln liegen bei allen Säugern hinter dem Querdurchmesser des Beckeneinganges — aber die grössere Querspannung des Beckens der Anthropoïden mag bedingen, dass die Schenkelköpfe nicht wie bei den Nagern den Beckenring seitlich zusammendrücken, sondern, wie bei den Raubthieren mehr nach vorn gerichtet, die Seitenwände des Beckens und somit auch die Schaufeln um die senkrechte Axe mehr nach aussen hinten drehen. In Bezug auf diese Drehung wird man die Stellung der Schenkel und die Wirkung der Muskeln beim Klettern zu beachten haben, womit sich die Anthropoïden doch noch gelegentlich abgeben, auch der Gorilla, obgleich bei diesem die Hinterhände bereits in Füsse übergehen.

Beim Orang scheint die Neigung der Schaufeln namentlich beim Weibchen mit dem Wachsthume zuzunehmen — doch verfügen wir in Leipzig über nicht hinreichende Zahl von Exemplaren um diesen Satz zu stützen.

Der Mensch ist in Bezug auf sein Becken auch den höchstgestellten Affen nur entfernt und zwar nur in den ersten Monaten des embryonalen Lebens ähnlich, wo nach Fehling das Hüftbein in grosser Ausdehnung flach der Wirbelsäule anliegt und die weichen Platten steil stehen und in einfacher Krümmung von vorn nach hinten verlaufen. Später entfernen sich die Becken aller Säuger, auch der Affen, weit vom menschlichen in Folge der dem Affen verbleibenden (73°) starken Neigung des Beckeneinganges. Ausserdem wird auch die beträchtliche Aushöhlung der Schau-

feln ein tiefgreifendes Unterscheidungsmerkmal des erwachsenden Menschenbeckens selbst von dem flacher bleibenden Gorillabecken.

Die durchscheinende Stelle der Schaufeln

geht auch den menschenähnlichen Affen nicht ab; sie wird zuerst im 7. Lebensmonate des Menschen und zwar am linken Darmbeine hinten oben, Ende des 1. Jahres auch rechts bemerkbar, aber mehr vorn und tiefer. Erst Anfang des 3. Jahres breitet sich diese Knochenverdünnung beiderseits mehr aus, bleibt aber links breiter (z. B. Ende des 4. Jahres 22 mm breit) und dünner als rechts. Auch bei Knaben fand ich die durchsichtige Stelle links dünner. Doch kommen noch im 6. Lebensjahre Mädchenbecken mit kaum angedeutet durchscheinender Stelle vor. Nach dem Umzahnen wechselt diese Stelle bisweilen so, dass sie rechts deutlicher oder breiter erscheint.

Die Grube vor dem ohrförmigen Gelenke.

Der Sulcus praeauricularis, eine für Ursprünge von Muskeln bestimmte Rinne längs dem Vorderrande der Gelenkfläche, ist zwar schon beim Neugeborenen angedeutet und mit wenigen Ausnahmen bei Kindern beiderlei Geschlechtes vorhanden, aber durchschnittlich rechts etwas tiefer oder breiter als links und im oberen Verlaufe, der Platte entsprechend, bisweilen besser entwickelt als im mittlen oder unteren Stücke, was auf kräftigere Entwickelung der entsprechenden Muskelplatten schliessen lässt.

IV. Das Gewicht des Beckens.

Das Gewicht des Beckens aus den verschiedenen Lebensaltern in beiden Geschlechtern und in den einzelnen Menschenracen dürfte für den Anatomen und Physiologen gleiches Interesse haben, wie für den Gerichtsarzt. Leider besitzen wir noch nicht einmal für die wichtigsten Organe des kindlichen Körpers in seinen Altersstufen Wägungen, abgerechnet die das erste Lebensjahr betreffenden.

Meine Wägungen sind nicht zahlreich genug, um Mittelwerthe darzustellen; doch halte ich dafür, dass ein Anfang auch hier gemacht werden muss.

Frische Becken habe ich nur drei wägen können. Reducirt auf die eigentlichen Beckenknochen allein gaben sie folgende Werthe:

Alter	1 Jahr.	$2^1/_2$ Jahre.	12 Jahre.
Gramm	140	200	900
Das Verhältniss 1 :	61	55	30

bezeichnet die Zahl, wieviel Mal das Gewicht des ganzen Kindeskörpers obiger Jahrgänge das Beckengewicht übersteigt. Wir sehen also, dass das Becken



in den Kindesjahren allmählich höhere Procentsätze gewinnt — jedenfalls in Folge der fortschreitenden Verknöcherung — wenigstens ist ein rachitisches Becken erheblich leichter als ein gleich altes gesundes. Aus dem angegebenen Grunde werden auch die völlig lufttrockenen Kinderbecken um so weiter im Gewichte von den entsprechenden frischen abstehen, je jünger das Individuum ist. In der Zeit des ersten Jahres wiegt ein lufttrockenes Beckes etwa $^1/_5$ vom frischen. Man kann einstweilen folgende Reihe gelten lassen:

Jahre	0	1	2	4	6	8	10	12	14
Gramm	4	15	20	60	85	120	180	250	300

Für das Becken Erwachsener, welche geboren haben, fand ich nach dem Trocknen (kaukasische Race) als Mittelwerth 415^{grm}. Man muss auch hier über die Elasticität und Haltbarkeit, bez. Tragfähigkeit eines so leichten Baustoffes gegenüber den von der Kunst, von Menschenhänden verwendeten Materialien staunen.

V. Umfang und Höhe des Beckens.

Folgendes sind theils Einzel- theils Mittelwerthe, soweit das dazu verwendete Material reichte.

	Umfang				Höhe	
	des frischen Beckens.		des trockenen Beckens.			
Alter bis	Mädchen.	Knaben.	Mädchen.	Knaben.	Mädchen.	Knaben.
1 Jahr	460^{mm}	332	212		59	
2 „	390	334	334	300	105	75
3 „	450	555	315		83	
4 „	486		361	370	99	105
5 „	426		438		108	
6 „	520	530	474		153	
7 „	505	520				
8 „	480		395		104	
9 „	550			495		
10 „	700	600	530		128	
11 „	555				159	
14 „			634		194	163
15 „	650		635		200	

Aus dieser Tabelle, deren Lücken hoffentlich einmal ausgefüllt werden, geht zunächst hervor, dass die Knabenbecken von den Mädchenbecken in Umfang und Höhe individuell oft sehr, wie auch untereinander, im Allgemeinen aber nicht erheblich abweichen. Der Unterschied zwischen dem

frischen Becken, mit den Weichtheilen umgeben, und demselben nach dem Trocknen, also das Mehr des Umfanges durch die Weichtheile betrug bei einem gesunden Mädchen aus der ersten Hälfte des 4. Lebensjahres 139 mm.

Was die Höhe des ganzen Beckens betrifft, so ergiebt sich auch aus den Messungen Fehlings nur für die letzten Fötalmonate ein Geschlechtsunterschied, welcher um so geringer ausfällt, wenn man die das Mädchenmaass etwas überholende Körperlänge der männlichen Früchte dagegen hält.

VI. Die Breite des grossen Beckens.

Nehmen wir ausser den Zahnperioden noch eine Zwischenepoche an, so gestaltet sich das Wachsthum des Beckens nach der oberen Breite dergestalt:

	Mädchen.		Knaben.		Verhältniss der Sp. = 1:Cr.	
	Dist. crist.	Spin.	Crist.	Spin.	Mädchen.	Knaben.
Neugeborene	78 mm	72	79	74	1·07	1·07
bis 1 Jahr	100	93	110	95	1·08	1·16
„ 3 „	138	120	144	130	1·15	1·11
„ 7 „	180	160	170	143	1·13	1·19
„ 14 „	260	205	190	160	1·27	1·19

Obige Zahlen sind individuelle. Wir sehen, dass das kindliche Becken in der oberen Breite anfangs Geschlechtsunterschied kaum zeigt, dass bis zum zweiten Zahnen das Knabenbecken etwas breiter ist, conform den schon am Heiligenbeine gemachten Wahrnehmungen — dass dagegen das Breitenwachsthum des weiblichen Bekens von da an das männliche überholt. Das geht auch aus den Zwischenstadien hervor: Beim 5jährigen Mädchen ist das grosse Becken bereits doppelt, beim 12jährigen dreifach so breit als beim neugeborenen; dagegen der Knabe besitzt erst mit dem 6. Lebensjahre ein Becken doppelt so breit als zur Zeit seiner Geburt und hat dieses Maass selbst im 15. noch nicht verdreifacht. Fasbender hat für Neugeborene durchweg geringere Werthe (71:69·6 und 73:71·3) und Unterschiede.

Bezeichnend sind auch, trotz der individuellen Schwankungen, die Verhältnisszahlen: ursprünglich kein Geschlechtsunterschied zwischen Cr. und Sp.; schliesslich bleibt die Proportion beim Knabenbecken stationär, während das Mädchenbecken, nur in der letzten Fötalwoche und in den ersten Lebensjahren dem Gorillabecken sich nähernd, zuletzt in die Beckenbreite mit stark convergenten vorderen oberen Darmbeinstacheln ausschlägt. Beim erwachsenen Gorillaweibchen ist das Verhältniss = 1:1·11.

VII. Der Dickendurchmesser.

Das Dickenmaass ist theils an Becken mit Weichtheilen, theils an skelettirten abgenommen; da hier nur individuelle Maasse aufgeführt werden, so sind die Schwankungen erheblich, doch um so belehrender; wenn ich auf die Conjugata vera kommen werde, wird man die Reductionen vorfinden.

	Neugeb.	bis Ende 1. J.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	12.	14.	15.
Mädchen	53	67	98	90	113	113	140	110	112		162	153	174	180
Knaben	50	70	86	90	108	140		110		125	138	130	140	

Wir sehen, dass merkwürdiger Weise das Mädchenbecken zuerst einen geringen Anlauf nimmt, das Knabenbecken in der äusseren Conjugata zu überflügeln, dass vom 3. bis ins 7. Jahr der Wettlauf kein Geschlecht begünstigt, von da an aber dem weiblichen entschiedenen Vorsprung giebt, obgleich das Kreuzbein des Knaben ursprünglich etwas dicker ist.

Fasbender hat für die C. ext. der Mädchen bei der Geburt nur wenig höhere Werthe (Mittel = 53·9) als ich, für Knaben jedoch beträchtlich höhere als ich und Fehling (= 55·4).

VIII. Die äusseren schrägen Durchmesser.

Die Nägele'schen Maasse fallen schon bei normalen Becken, auch in der Kindheit, oft verschieden aus, wenn man das rechte mit dem linken Maasse vergleicht. Ich gebe hier wieder individuelle Maasse und zwar immer das grössere und von den habhaft kräftigsten Kindern.

	Neugeb.	1. J.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	12.	14.	15.
Mädchen	60	88	120	120	140	150	160		139		185	102	210	214
Knaben	58	85	94	110	127			143		160	155		160	

Auch hier fangen die Knaben mit geringeren Werthen an, holen im 7. Jahre die Mädchen ein, ziehen aber fortwährend den Kürzeren. Diese Gedrücktheit in den schrägen Massen ist für die Knaben der ersten Lebensjahre um so bedeutender, da sie bis ins 7. Jahr ein breiteres Kreuzbein besitzen als die Mädchen. Fasbender bringt für Neugeborene grössere Maasse, zumal für Knaben.

IX. Höhe und Breite der Schoossfuge.

Die Schenkel des Schambogens verknöchern völlig bei Einigen im 1. oder 3., bei den Meisten im 2. Lebensjahre und zwar von oben nach unten in Bezug auf die absteigenden Schambeinäste; dass der aufsteigende Sitzbeinschenkel etwas später verknöchert, wurde schon Eingangs erwähnt.

In der Mehrzahl sitzt die schmalste Stelle etwas unterhalb der Mitte der Schoossfuge; bei Nr. 22 befand sie sich oberhalb derselben. Der häutige Schambogen wurde vom Längenmaasse ausgeschlossen. Ich führe hier Durchschnittswerthe auf.

	Höhe der Symphyse.		Breite der Symphyse.	
	Knaben.	Mädchen.	Knaben.	Mädchen.
1. Jahr	15	10	14	13
2. „	20	20	18	22
3. „	22	22		21
4. „	30	21	25	28
5. „		24		27
6. „		29		32
8. „		21		28
9. „	38			
10. „		24		31
12. „		35		43
14. „	33	34	33	51
15. „		36		44

Bald nach der Geburt entscheidet sich die Verbreiterung der Schoossfuge zu Gunsten der Mädchen, so dass nur im 3. Jahre ein Rückschlag in das den Knaben verbleibende Verhältniss stattfindet. Von da an ist die Breite der Schoossfuge bei den Mädchen stets grösser als deren Höhe, bei den Knaben gleich gross oder geringer als das Höhenmaass. Ein stark rachitisches Mädchenbecken aus dem Anfange des 2. Lebensjahres zeigt das Verhältniss = 15:16.

X. Der Schoosswinkel.

Zur Messung der Schoosswinkel bediene ich mich des Transporteurs. Ich lege die Basis dieses Instrumentes an den einen Winkelschenkel und nehme zum unteren Punkte die Stelle, wo sich Schooss- und Sitzbeinast vereinigen. Bei Kindern wird man so selten zweifelhaft sein, welcher Winkel abzulesen sei; bei Erwachsenen ist häufig der Winkel an beiden Seiten symmetrisch ausgeschweift und an seinem Scheitel viel offener als weiter unten — da kann man über ein Individuum verschiedener Meinung sein, je nachdem man oben oder weiter unten misst. Ich gebe wieder Mittelwerthe.

	Neugeb.	1. Jahr	2.	3.	4.	5.	6.	8.	9.	10.	12.	14.	15.
Knaben	67		62		52	50			53			63	
Mädchen	76	43	54	65	66	71	65	68		64	80	105	80°

Die Bestimmung für die Neugebornen habe ich Fehling entlehnt, welcher für die Mädchen einen viel offeneren Winkel als ich (52°) feststellt. Erst im 3. Lebensjahre überragt die Weite des weiblichen Schoosswinkels den gesunden männlichen, bleibt aber bis ins 11. Lebensjahr noch erheblich hinter dem für Erwachsene geltenden Vollwerthe zurück; letzteren (90°) bot mir nur ein Kinderbecken schon im 1. Lebensjahre, aber es gehörte einem rachitischen Mädchen an.

XI. Der innere Beckenumfang.

Der Beckenraum, auf der Ebene der Grenzlinie gemessen, wird durch das äussere Beckenmaass nur in allgemeinem Umrisse bestimmt. Dieses letztere erleidet folgende Abzüge, wenn man das mit Weichtheilen umgebene Becken gegen das innere Maass hält:

	bei Knaben.	bei Mädchen.
Jahre 1	314 mm	300 mm
„ 2	430	250
„ 3		260
„ 4		220
„ 6		230
„ 7		280
„ 9	300	
„ 10		380
„ 12		220
„ 15		250

Im Ganzen wird sich also der Abzug für die Knabenbecken etwas höher stellen, als für die Mädchenbecken, das Alter an sich aber in dieser viel Individuelles an sich tragenden Berechnung grosse Unterschiede nicht bringen.

Etwas genauer wird das Ergebniss, wenn man aus dem äusseren Umfange eines skelettirten Beckens den inneren gewinnen will.

	Neugeb.	1. J.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	12.	14.	15.
Knaben			134		142					175			230	
Mädchen	86	111	129	134	144	137	182		248		246		224	210

In dieser Reihe ist der Abzug, welcher die Knabenbecken trifft, erst gegen den Abschluss des Kindesalters hin etwas dem weiblichen überlegen. In den Kindesjahren vom 8. bis zum 15. bleibt der Quotient der Dickenzunahme des Beckenringes das Dreifache vom Bestande zur Zeit des Ge-

borenwerdens, verjüngt sich sogar etwas nach dem 10. Lebensjahre. Ein reichlich 1 Jahr altes Mädchen, sehr rachitisch, liess an dem nackten Becken nur einen Abzug von 72 mm zu.

XII. Die Durchmesser des Beckeneinganges.

1. Conjugata vera.

Es ist schon von Fehling betont worden, dass die wahre Conjugata sich nur am frischen Becken dem Leben gemäss verhält. Aufbewahrung eines Beckens in verdünntem Weingeiste erhält die Theile ziemlich genau wie im frischen Zustande, Trocknen verzieht die Beckenverbindungen auf eine namentlich bei dem noch weichen Kinderbecken für die Messungen gefährliche Weise.

Durch Bänderzug wird vor dem 7. Lebensjahre der gerade Durchmesser des Beckeneinganges um 3 bis 5 mm verlängert, nach dem 7. öfter verkürzt bis auf ein von der Conj. v. um 7 mm abstehendes Maass. Trotzdem giebt es noch im 10. Lebensjahre vollkommen runde kindliche Becken, und ein längsovales, sonst ganz normales, besitze ich aus dem 6. Lebensjähre. Solche Becken schliessen sich an die bei Slavinnen, Hottentottinnen und Australnegerinnen häufiger vorkommenden Formen an.

Individuell kommen auffallend kleine (Conj. v. 103 eines 3 jährigen Mädchens) und grosse Becken (Conj. v. 103 eines 14 jährigen) selbstverständlich schon bei Kindern, nicht blos als Produckte gewisser Beckenkrankheiten oder allgemeiner Ernährungsstörungen vor. Die Conjugata erreicht bei alledem im 12. Lebensjahre die dreifache Länge von der des neugeborenen Mädchens; Knaben erreichen erst im 9. Jahre den doppelten und im 15. noch nicht den dreifachen Betrag.

Unterschied der Conj. externa und der vera (individuell):

	Neugeb.	Ende des 1.J.	2.	3.	4.	5.	6.	8.	9.	10.	12.	14.	15.
Knaben	32 mm		34		46				40			52	
Mädchen	17—21	26	36	27	32	39	69	35		55	56	71	78

Erst nach dem 8. Lebensjahre tritt der für die Conj. vera zu berechnende Abzug von der Conj. externa der Mädchen in eine gewisse Gesetzmässigkeit ein; die Knaben fangen mit einer viel höheren Ziffer des Abzugs an als gleichalte Mädchen, hören aber mit einer verhältnissmässig niederen auf, da die Mädchen nicht allein an Beckendicke, sondern auch an Fleischigkeit nahe der Pubertät gewinnen.

2. Conjugata anatomica s. inferior.

Auf der Naturforscherversammlung zu Rostock hat Balandin zuerst auf die Wichtigkeit der den eigentlichen Beckeneingang bildenden Ebene

hingewiesen, welche, die Höhe der ungenannten Linie auch an der hinteren Beckenwand einhaltend, unterhalb des Vorberges hinlaufen muss.

Dieses Maass hat das merkwürdige Verhalten, dass, der nach dem 1. Lebensjahre deutlicher hervortretenden Knickung der Lendenkreuzwirbelsäule zufolge, die bis zum 10. Jahre für die C. anatomica negativ bleibenden Werthe von da an positiv werden:

Jahre	0	$^1/_2$	1	3	5	6	8	10	12	14	15	
C. vera	32	38	41	43	74	91	77	83	97	103	102	Mädchen.
C. anat.	30	35	33	37	70	90	64	83	103	108	110	„
C. vera	28									88	Knaben.	
C. anat.	31									85	„	

Bei Knaben verhält sich diese Proportion nach den vorliegenden Exemplaren genau umgekehrt.

Nur das schöne Becken des $2^1/_4$ jährigen Mädchens Nr. 22 hat eine C. anatom. 2^{mm} länger als die vera.

3. Der Querdurchmesser.

a) Im Vergleiche mit dem Querdurchmesser des grossen Beckens.

Die Schlüsse, welche man von dem äusseren Conjugatenmaasse auf die Conj. vera zu machen gewohnt ist, haben bei Weitem nicht so viel Missliches, als die Folgerung der inneren Quermaasse aus den äusseren; glücklicher Weise ist in der Geburtshülfe nur selten die quere Beckenbeschränkung von so hohem Belange, wie die platte Beckenform. Ausserdem ist für das Kinderbecken daran zu erinnern, dass der Abzug, den das innere Quermaass von dem äusseren zu erleiden hat, um so geringeren Schwankungen unterworfen ist, je kleiner das ganze Becken, das heisst je jünger das Individuum.

Es beträgt der Abzug:

	Neugeb.	1. J.	2.	3.	4.	5.	6.	8.	9.	10.	12.	14.	15.
Knaben	$44{\cdot}6^{mm}$		71		70				92			93	
Mädchen	45	45	57	74	65	81	104	82	96	114	130	125	143

Die Reihe für die Knaben schwillt zeitig an, um dann hinter der weiblichen Reihe erheblich zurückzubleiben, entsprechend dem steileren Becken des reifen Knabenalters. In der Reihe der Mädchenbecken haben wir es wieder mit individuellen Absonderlichkeiten zu thun, wie uns denn das niedliche Becken des 8 jährigen Kindes schon mehrfach aufgefallen ist — im Ganzen wird jedoch die Steigerung deutlich.

Ich stelle nun mehrere wichtige Verhältnissreihen übersichtlich zusammen.

	b) Proportion des queren zum schrägen Durchmesser.		4. Proportion des schrägen Durchmessers zur Conj. vera.		c) Index des Querdurchmessers (Conj. vera = 1).	
Alter.	Knaben.	Mädchen.	Knaben.	Mädchen.	Knaben.	Mädchen.
Neugeb.		0		+ 1	1·084—1·22	1·03
1/2 Jahr		0		0		
1 „		— 2	+ 1	0		
2 „	— 2	— 1		+ 3		1·14
3 „	— 3	+ 1	— 2	+ 3	1·02	1·05
4 „		+ 3		+ 5		
5 „		+ 2		+ 2		
6 „		+ 1		— 2		
8 „		— 5		— 2		
9 „	— 5	+ 1	+ 5	+ 1	1·12	1
10 „		+ 3		+ 6		1·04
12 „		— 5		— 2		1·03
14 „	+ 1	— 11	+ 10	+ 21	1·10	1·31
15 „		— 15		+ 33^{mm}		1·47

Die Reihe b giebt die Werthe, welche vom queren Durchmesser genommen oder zu demselben gezählt werden müssen, um den schrägen Durchmesser der betreffenden Beken zu bekommen; die Reihe 4 thut zu der C. vera oder nimmt von ihr X Einheiten, so findet man den schrägen Durchmesser; in der Reihe c ist die erste Ziffer für neugeborene Knaben diejenige, welche man als Mittelwerth aus den Fehling'schen Becken erhält.

Aus den Tabellen erhellt:

1. dass bei Knaben vor dem 14. Jahre die schrägen Durchmesser hinter den queren zurückstehen,
2. dass bei Mädchen vor dem 12. Jahre bald der eine, bald der andere Durchmesser vorwiegt,
3. dass der schräge Durchmesser und die C. vera in beiden Geschlechtern bis zum 10. Jahre an Länge wetteifern, danach aber der schräge, zumal bei den Mädchen, die Oberhand behält,
4. dass Abnahme und Zunahme der Grösse des Breitenindex für den Beckeneingang bei Knaben sich umgekehrt wie bei den Mädchen verhalten.
5. dass in der Breite der Gesundheit runde (9. Lebensjahr) und überweibliche Becken (15. Jahr) auch in der kaukasischen Race vorkommen. In Bezug auf die sehr seltenen längsovalen (gesunden) Becken ist zu erinnern, dass der Querdurchmesser während des Trocknens sich verkleinert (um 5^{mm} und mehr — Fehling).

5. Distantia ileo-pubica.

Die Entfernung der Gelenkverbindung des rechten Darmbeins mit dem Schoossbeine von der linken ordnet sich je nach dem Alter wie folgt:

Neugeb.	Für Knaben ergeben sich nach Fehling:	Mittelwerth	35 mm
„	„ Mädchen „ „ „	„	34·6

Ich fand für Mädchen:

Jahre:	0	1/2	1	2	3	4	6	8	10	12	14	15	eine Erwachsene
Millim.:	31	38	40	44	55	60	63	65	78	90	110	125	114

Das sonst sehr ebenmässige Becken des neugeborenen Mädchens in meinem Besitze contrastirt sehr gegen das oft erwähnte überweibliche 15 jährige Becken, welches letztere den Typus Erwachsener, wie man sieht, überschreitet. Bemerkenswerth ist in meiner Reihe die lange Stabilität des vorderen Beckenumfanges vom 4.—8. Lebensjahre — allerdings gehört das 8 jährige Becken wieder zu den kleinen — und das schnelle Wachsen der Schossbeine in die Breite kurz vor der Pubertät.

XIII. Die Beckenhöhle.

Die Beckenmaasse schwanken hier während der Kinderjahre individuell mehr als im Ein- und Ausgange des kleinen Beckens. Während sich zwischen dem 6. und dem 12. Lebensjahre ziemlich stetige Reihen entwickeln, ist in dem vorhergehenden, das erste Zahnen in sich begreifenden Zeitraume von gesetzmässiger Ausbildung kaum noch die Rede. In den ersten Lebensmonaten übertrifft der gerade Durchmesser der Beckenhöhle den queren um 4—5, vom 8. Jahre an 5—17 mm, aber bei einem 1 jährigen Mädchen überragte der quere Durchmesser den geraden um 5, bei einem anderen um 7, bei einem 4 jährigen um 1 mm, und die 14—15 jährigen ergaben wieder Ueberschüsse von 9—10 mm zu Gunsten des Querdurchmessers.

Das Verhältniss der Conj. anatomica (inferior) zum geraden Duchmesser der Beckenhöhle ist eher constant: 1 : 1·13 (Neugeb.), 1·17 (10. Jahr), 1·12 (15. Jahr), und nur ein 3 jähriges weibliches Becken springt aus diesem Rahmen heraus mit einer Proportion = 1 : 1·59.

Die von mir gemessenen Knabenbecken zeigen ebenfalls grosse Abweichungen:

Beckenhöhle . . .	3. Jahr	4.	10.
Gerader Durchmesser	52	64	86
Querdurchmesser . .	48	72	90

also einmal >, zweimal <.

Nur die Abstände des Vorberges von den inneren Pfannenwänden, die Dist. sacro-cotyloides der Geburtshelfer, ergeben in meinen Beispielen bei Knaben wie bei Mädchen (das 8.—10. Lebensjahr ausgenommen) fast gleichmässig ansteigende Curven.

XIV.

1. Der Beckenausgang.

Die Knaben bieten im Ausgange des kleinen Beckens nach dem 3. Lebensjahre mehr Geräumigkeit als die Mädchen dar, bis zur Pubertät, wo sich das Verhältniss wieder umkehrt. Bis zum 5. Lebensjahre kommt bei beiden Geschlechtern öfter grösserer Abstand der Sitzbeinhöcker als der Sitzbeinstachel, wie meist bei der Frucht, vor; jenseits des 5. Jahres ist dieses Verhältniss, wo es vorkommt (coxalgisches 12jähr. Becken) abnorm.

Der gerade Durchmesser des Ausgangs ist, gegen die anatomische Conjugata gehalten, in den verschiedenen Kindesaltern regellos bald kleiner, bald grösser; an sich steigt er beinahe gleichmässig an; auffallend klein blieb er bei einem 3jährigen Mädchen, auffallend gross ward er bei einem $2^1/_4$ jährigen (frisches Becken), einem 6- und einem 10jährigen Mädchen; er fiel nur an der Neugeborenen grösser als der quere Durchmesser des Ausganges aus.

2. Der Abstand der Rollhügel.

Wie wenig zuverlässig die Schätzung des Querdurchmessers des Beckenausganges nach der Distantia trochanterum an Lebenden sei, ist den Geburtsärzten geläufig. Dennoch ist für manche Fälle eine solche Schätzung nicht zu vernachlässigen und berechtigt, hier die Abzüge auszuführen, welche die Dist. troch. erfährt, wenn man daraus das Maass der Tubera ischii zieht.

Jahre . .	Neugeb.	$^1/_2$	1	2	$2^1/_4$	3	4	5	6	8	10	14
Für Mädchen	55	62	102	72	107	125	130	184	182	190	215—246	300
„ Knaben				94					130mm.			

Demnach erreicht der Abzug im 14. Lebensjahre bei Mädchen das Sechsfache des beim Neugeboreren stattfindenden; bei Knaben bleibt die Steigerung dieser Differenz weit hinter der Mädchenstufe zurück.

Uebrigens hat der obere Theil des früher verknöchernden Schenkelknochens ohne Zweifel, abgesehen von früher gewürdigten erblichen Einflüssen des Beckenwachsthums, einen Factor für die Stellung und Richtung der Sitzknorren, deren den Abstand der Spinae ischii überholender Abstand wahrscheinlich auch von der Entwickelung und Thätigkeit der vorderen Auswärtsroller (der Obturatoren und des Quadratus femoris) und des Adductor magnus abhängt, vorausgesetzt, dass die auf- und absteigenden Aeste der Sitzbeine bei Knaben eher fest werden als bei den Mädchen. Die An-

wesenheit der männlichen Geschlechtstheile als wichtiger Factor für die Richtung des Wachsthums erhellt auch aus der Thatsache, dass die männlichen Skopzen überweibliche Becken bekommen.

3. Die Conjugata diagonalis.

Die Abzüge, welche der schiefe Durchmesser der Beckenhöhle bei Kindern zu erfahren hat, um die C. vera zu ergeben, gestaltet sich ungefähr nach folgender Scala:

Jahre	Neugeb.	$^1/_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	14
Mädchen . .	8	8	9	9	10	11	11	12	13	15	16	18	20 mm
Knaben . .	9			10				11			12		15

Doch kommen schon im 1. Lebensjahre Ausschreitungen diesseits (2—3 mm) und jenseits (4 mm) dieser Normen, im späteren Kindesalter von 9—15 mm vor.

XV. Die Höhe des kleinen Beckens.

Dieses Maass hat als Endpunkte den Sitzknorren und den über demselben liegenden Punkt der Linea terminalis. Bei Vernachlässigung der Extravaganzen erhalten wir folgende Reihe:

Mädchen	33	34	36	40	52	58	63	66	74	80	83	90	105 mm
Knaben	28				46			70			98		

Demnach gewinnt das Mädchenbecken an Höhe noch einmal so viel als zur Zeit der Geburt betrug im 6. Lebensjahre, zweimal so viel im 12. etwa; die Knabenbecken erreichen ungefähr im 4. Jahre die doppelte, im 8. die dreifache Höhe, fangen zur Zeit der Geburt niedriger an als die Mädchen, überholen aber letztere nach dem Umzahnen.

XVI. Die Darmbeine und die Schoossbeine.

1a. Entfernung des hinteren oberen Darmbeinstachels vom vorderen oberen Stachel.

Alter bis	1 Jahr		2		3		6		7		10	
	rechts	links	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.
Knaben	55	58			63	80			101	94		
	69	68										
Mädchen			63	80	101	94	91	92			134	130 mm

1b. Entfernung des vorderen oberen Stachels von der Schoossfuge.

Alter bis	1 Jahr		2		3		6		7		10	
	rechts	links	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.
Knaben	61	54			96	80			100	108		
Mädchen			72	70	100	108	100	108			136	130

Diese zum Theil rachitischen Kindern im Leben abgenommenen Maasse lassen genanntem Umstande die Eigenthümlichkeiten und gewisse Ungleichheiten beimessen. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte C. Ruge bei Neugeborenen; er fand meine Distanzen 1a und 1b fast gleich für beide Beckenhälften: 35 bis 53 mm und meist auch unter einander gleich, die hinteren Sehnen aber öfter etwas länger (bis 14 mm) gegen die vorderen, als umgekehrt.

2a. Länge der Pars sacralis des Darmbeins.

Alter:	Neugeb. rechts	Neugeb. links	½ Jahr r.	½ Jahr l.	1 beiderseits	2	3	5	6	8	10	14	15
Knaben	23	23											
Mädchen	21	21	19	25	19	31	25—43	37—45	53	43	51	66	67 mm

2b. Länge der Pars pelvina.

Alter:	Neugeb. rechts	Neugeb. links	½ Jahr r.	½ Jahr l.	1 beiderseits	2	3	5	6	8	10	14	15
Knaben	15	15											
Mädchen	21	21	23	20	25	23	24—32	31—37	52	42	47	66	63 mm

Fehling hat für neugeborene Mädchen Pars pelvina nur 14 mm als Mittelwerth. Als Totalmittelwerthe stellen sich für das weibliche Kindesalter aus meinen Messungen heraus 2a = 38 : 2b = 36, also ein geringes Ueberwiegen der Pars sacralis.

3.

Das Verhältniss der Sehne des Darmbeines zur Länge des Darmbeinkammes ergiebt sich für

	Neugeb.	2. Jahr	3. Lebensjahr	4.	7.	9.	10.	14.
M.	= 1:1·27		1·57		1·42		1·50	1·74
Kn.		1·42		1·47		1·51		

Es wächst also das Verhältniss zu Gunsten der Mädchenbecken; vor der Geburt ist die P. sacralis bei Knaben verhältnissmässig länger.

4.

Verhältniss der Höhe des knöchernen Theiles der Darmbeinschaufel zu deren knorpeligen Theile:

Fötalmonate	(Fehling).	Lebensalter	(Hennig).
III.	3 :2	1. Jahr	4 :1
IV.	4·8:3·5	2. „	4·5:1
V.	6·5:3 bis 9:5	4. „	7 :1
VI.	12·5:5	5. „	10 :1
VII.	16 :5 bis 6:5	6. „	13 :1

5.

Die Höhe des Hüftbeins beträgt im 9. Fötalmonate bei beiden Geschlechtern 25·3 ^{mm} (Fehling). Später wachsen die Platten kräftiger bei Knaben in die Höhe; dagegen trägt das Os ilium bei Mädchen um 2·3 % mehr zum Beckenumfange bei als bei Knaben.

Die Höhe der Darmbeinschaufel, bei Neugeborenen 24 ^{mm}, nimmt im 8. Jahre bis auf das Doppelte, im 14. bis auf das Dreifache zu, bei Knaben auf das Vierfache.

6.

Die Breite der Schaufeln, ursprünglich der Höhe fast gleich, wurde von mir bei einem 6 jährigen Mädchen wiederum ihr gleich gefunden; sonst variirt sie bald über, bald unter der Höhe, gewinnt aber vom 9. Jahre an bei beiden Geschlechtern die Oberhand und übertrifft die Höhe bei Mädchen entschiedener, kurz vor der Geschlechtsreife um 19—24 ^{mm}.

XVI. Die schrägen Sehnen des oberen Beckenraumes.

Der Abstand des Vorberges von dem vorderen oberen Hüftbeinstachel jederseits erreicht bei Mädchen im 4. Lebensjahre das Doppelte von dem Maasse des Neugeborenen, im 12. das Dreifache. Knaben bleiben hinter den Mädchen in dieser Hinsicht etwas zurück.

Der Abstand des vorderen Stachels von der Schoossfuge weist etwas constantere Werthe als der vorige auf und erreicht bereits im 3. Lebensjahre den doppelten Werth von dem Maasse des Neugeborenen, hält aber dann nicht ganz gleichen Schritt mit der Zunahme des vorigen Abstandes, indem der dreifache Werth erst im 15. Lebensjahre erreicht wird; Knaben eilen den Mädchen in dieser Hinsicht etwas voraus, was sich aus der beträchtlicheren Höhe und Steilheit der männlichen besser als aus dem stärkeren Längswachsthum der weiblichen Darmbeinschaufeln erklärt.

Der Unterschied beider, d. h. der hinteren gegen die vorderen Sehnen ist nach der Geburt bei Mädchen nie negativ für die vorderen, war nur zwei Mal = 0 (1. und 4. Lebensjahr) und wächst bis auf + 18 (10. Lebensjahr), kann aber noch im 15. nur + 7 betragen. Bei Knaben kommen beträchtlichere Differenzen (— 1 im 4. und + 31 im 10. Lebensjahre) vor.

XVII. Die Längsrichtung der Schenkel.

Bis zum 4. Lebensjahre weicht die Längsachse der Oberschenkelbeine gegen die der Lendenwirbel nach vorn ab, bei Mädchen um 11 bis 28°; nach dem 4. Lebensjahre wird der Winkel negativ (um 5 bis 11°, letzteres im 15. Lebensjahre), d. h. die Lendenwirbelsäule weicht nach hinten aus.

Das Kreuzbein.

Wir kehren zum Anfange dieser Betrachtung, zu dem Grundpfeiler des Beckenringes zurück. Eine merkwürdige Thatsache drängt sich hier in den Vordergrund: die Stellung des Vorberges über dem Beckeneingange war in der letzten Fötalzeit eine verhältnissmässig hohe; sie beträgt noch beim neugeborenen Mädchen 10 mm; sofort sinkt das Promontorium bis auf 8 mm Ende des 1. Lebensjahres zurück und sogar auf nur 4 mm Ende des 3. herab. Hier, also nach vollendeter erster Zahnung, erhebt sich der Vorberg mehr als entsprechend dem Längenwachsthum der Wirbelsäule und beträgt:

im	5.	6.	10.	15. Jahre
	15	16	18	20 mm
bei Mädchen, bei Knaben sogar . . .				25 „

Die Zahl der Kreuzwirbel.

In der frühesten Kindheit sind die dem Heiligenbeine benachbarten Wirbel nach oben wie nach unten weniger markirt, um sofort gegen das Kreuzbein abgegrenzt zu erscheinen. Dennoch konnte ich einmal bestimmt 4, zweimal 6 Kreuzwirbel statt 5 zählen. Unter den wenigen von mir untersuchten skelettirten Knabenbecken gab es nur solche mit 5 Kreuzwirbeln.

Chr. Aeby hat (*Archiv f. Anat. u. Physiol.* 1879, S. 77) aus seinen sorgfältigen Untersuchungen folgende hierher bezügliche Sätze ausgezogen:

1. Kindliche und erwachsene Wirbelsäulen sind in ihren Maassverhältnissen wesentlich verschieden.

2. Die Lendenwirbelsäule des Kindes ist verhältnissmässig kürzer, die Halswirbelsäule um ebenso viel länger als diejenige des Erwachsenen. Die Brustwirbelsäule erscheint bei beiden gleichwerthig.

3. Die erwachsene Wirbelsäule ist in allen, namentlich in den oberen Theilen, schlanker als die kindliche. Die damit verbundene Breitenabnahme ist nicht bloss allgemeiner, sondern im Ganzen auch bedeutender als die Dickenabnahme.

4. Der Wirbelkanal ist beim Erwachsenen nicht allein im Verhältnisse zur Länge der Wirbelsäule, sondern auch im Vergleiche mit den Querdurchmessern der Wirbelkörper im Ganzen enger als beim Kinde.

5. Kindliche und erwachsene Wirbelsäulen enthalten verhältnissmässig gleichviel Bandmasse, jedoch in verschiedener Vertheilung.

6. Die kindliche Wirbelsäule hat vor der Erwachsenen geringere Ungleichartigkeit ihrer Bausteine voraus.

7. Auf den Gang und schliesslichen Erfolg der ganzen Entwickelung hat das Geschlecht keinen Einfluss. (Hiervon muss der Entwickelungsgang des Kreuzbeines ausgeschlossen werden. C. Hg.)

8. Die Wirbelsäule verfolgt vom Anfange an einen einheitlichen Entwickelungsplan. Ihre Formveränderungen nach der Geburt sind nur eine Fortdauer der gleichen Veränderungen vor derselben.

So erhält der Lendentheil schliesslich das vierfache des anfänglichen Höhenwachsthumes: dessen Ueberlegenheit ist in Spuren schon beim 3- bis 6monatlichen Kinde wahrnehmbar. Im 2jährigen Knaben und 4jährigen Mädchen ist es bereits weit vorgeschritten und vom 5jährigen Knaben an völlig auf den Stand der Erwachsenen gebracht. Schon Ravenel hat nachgewiesen, dass die relative Verlängerung der Lendenwirbelsäule an der Vorderseite mit dem Auftreten bleibender Krümmung im Zusammenhange steht.

Aeby entscheidet sich noch dahin, dass in Bezug auf die ungleiche Höhe der einzelnen Wirbelkörper an ihren Vorder- und Hinterhälften nur der ungleich vertheilte Druck beim Aufrechtgehen, Stehen und Sitzen wirksam ist; die concave Seite bleibe als die stärker belastete im Wachsthum zurück und zwar nach Maassgabe des stärkeren Druckes. Die Krümmung der Wirbelsäule entspreche genau derjenigen eines belasteten, am unteren Ende festgehaltenen, elastisch biegsamen Stabes. Den oberen Lendenwirbeln sei es vorbehalten, die entgegengesetzten Spannungen des Haupt- und Endbogens auszugleichen. — Fehling hat in Bezug auf die primäre Lendenkreuzkrümmung im Neugeborenen das Gegentheil bewiesen.

Im 1. Lendenwirbel herrscht der hintere, im letzten der vordere Höhedurchmesser vor; zwischen dem 2. und 3. Lendenwirbel ist der Umschlag der Krümmung zu suchen.

„Kreuz- und Steissbein wachsen auffällig gleichmässig. Ihre Gesammtlänge beträgt in allen Altern fast genau $^1/_4$ der Länge der übrigen Wirbelsäule. Von den Zwischenbändern des Kreuzbeines nimmt wenigstens das erste nach der Geburt noch etwas an Höhe zu, während die übrigen dem Stillstande huldigen. Das Kreuzbein des Neugeborenen besteht etwa zu einem Dritttheil, also in einem ähnlichen Verhältnisse wie die übrige Wirbelsäule, aus Bandmasse. Beim halbjährigen Kinde sinkt deren Werth schon auf $^1/_4$, beim 2jährigen auf $^1/_5$, dann auf $^1/_8$; im 12. Jahre verschwindet sie. Das Steissbein hat bereits zur Zeit der Geburt (Höhe in Millimetern 11 bis 16·5) das relative Maximum seiner Verkümmerung erreicht."

Aus meinen Becken stelle ich nun folgende Tabelle zusammen:

1. Grösse des Winkels zwischen der Vorderfläche des 5. Lendenwirbels und derjenigen des 1. Kreuzwirbels:

Alter.	Mädchen.	Knaben.
0 bis 1. Jahr . . .	152—136°	
„ 2. „ . . .	131—111	147°
„ 3. „ . . .	142—108	
„ 4. „ . . .	132	
„ 5. „ . . .	125	
„ 6. „ . . .	133	
„ 8. „ . . .	149	
„ 14. „ . . .	109	142
„ 15. „ . . .	115	

Dieser Winkel, beim Foetus fast 180°, verringert sich also, wird spitzer mit den Jahren, besonders bei den Mädchen, ändert sich weniger und bleibt stumpfer bei den Knaben.

2. Breite des Kreuzbeins:

Alter:	Neugeb.	1/2 J.	1	1 1/4	2	2 1/4	3	4	5	6	8	9	10	12	14	15
Knaben	32·4		44		56			65				90			94	
Mädchen	31	31	41	49	67	55	44	74	79	90	75		84	95	122	122

3. Länge des Kreuzbeins:

Alter:	Neugeb.	1/2 J.	1	1 1/4	2	2 1/4	3	4	5	6	8	9	10	12	14	15
Knaben	35				52			56				96			97	
Mädchen	32	37	44	41	57	40	36	71	49		72		96	94	102	96

4. Breite des Flügels:

Alter:	Neugeb.	1/2 J.	1	1 1/4	2	2 1/4	3	4	5	6	8	9	10	12	14	15
Knaben	8							18							26	
Mädchen	6	8	9	12		22	12	12			20		28	34	33	36

5. Distantia spinar. poster. super.

Alter:	Neugeb.	1/2 J.	1	1 1/4	2	2 1/4	3	4	5	6	8	9	10	12	14	15
Knaben	26	30	42		40	53	41	63	66			55	67	80	50 bis 82	
Mädchen	22	32	41	25	50	57	40 bis 50	57	60	74	57	60 bis 75	65 bis 83	75	85	80

6. Tiefe der Längshöhlung des Kreuzbeines:

Alter:	Neugeb.	1/2 J.	1	1 1/4	2	2 1/4	3	4	5	6	8	9	10	12	14	15
Knaben					5			12				17			17	
Mädchen	4	3·5	5	3	12	9	9	7	24		11		8	24	22	28 mm

Sämmtliche Maasse dieser Tabelle sind persönliche; wo zwei in einer Reihe stehen, sind zwei verschiedene Individuen gemessen. Für das 11. und 13. Jahr der Knaben besitze ich noch folgende Werthe des Abstandes der hinteren oberen Darmbeinstacheln: 11 Jahre 60 mm, 13 Jahre 70 mm. Eine Distanz von 57 der Spin. post. (8 jähriges Mädchen) wuchs durch Trocknen des Beckens auf 62 mm. Auf diese Weise lassen sich nachstehende individuelle Proportionen gewinnen:

Spin. sup. post : Latit. sacri.

Alter:	Neugeb.	1/2 J.	1	2	3	4	5	6	8	9	10	12	14	15
Knaben	1: 1·25		1·05	1·40		1·03				1·62			1·88	
Mädchen	1: 1·41	1·06	1·00	1·00	1·03	1·30	1·31	1·22	1·30		1·30	1·27	1·43	1·52

7. Spin. sup. post. : Dist. ileopubica:

Alter:	Neugeb.	1/2 J.	1	2	3	4	5	6	8	9	10	12	14	15
Mädchen	1: 1·41	1·19	0·97		1·05	1·05		0·85	1·14		1·20	1·20	1·29	1·56

8. Der Vollständigkeit wegen mögen hier noch die Maasse des geraden Abstandes des oberen Randes der Articulatio sacro-iliaca (in der Linea terminalis) von der gegenüberliegenden Synostosis ileopectinea folgen:

Alter:	Neugeb.	1/2 J.	1	2	3	4	5	6	8	9	10	12	14	15
Mädchen	33 mm	34	34		40	65		75	98		95	100	110	120

Diese Sehnen sind öfter grösser als kleiner denn die zugehörigen Distantiae ileopubicae.

Es ist oben erwähnt worden, dass der Abstand der hinteren oberen Darmbeinstachel von einander sich beim Trocknen des Präparates gewöhnlich vergrössert, daher bei den untermässig befundenen aus den ersten Lebensjahren die entsprechende Reduction für die Berechnung des Verhältnisses zur Breite des Kreuzbeines vorgenommen wurde; so zeigt denn auch ein frisches Becken eines einjährigen Mädchens diese Proportion = 1:1·96! Trotzdem weist das schöne, ganz normale frische Becken des 2 1/4 jährigen Mädchens dieselbe Proportion untermässig auf = 1:0·96.

Die Länge des Kreuzbeines hatte höheren Werth als die Breite desselben bei Knaben vor dem 7. Jahre einmal (neugeboren), geringeren zweimal; bei Mädchen höheren viermal (meist vor dem 1. Lebensjahre), geringeren sechsmal. Nach dem 7. Jahre Länge > Breite bei Knaben zweimal, < keinmal; bei Mädchen > einmal (10. Lebensjahr), < viermal. Also ist im Ganzen bei Knaben das Verhältniss der grösseren Länge des Heiligenbeines zur grösseren Breite = 3:2, bei Mädchen = 5:10, woraus wieder die vorwiegende Breite des Kreuzbeines der Mädchen — aber erst nach dem 7. Lebensjahre — folgt.

Das Verhältniss der Dist. spin. post. zur Latit. sacri nimmt nach einer nicht unbeträchtlichen Abminderung kurz nach der Geburt allmälich mit dem Wachsthum des Kindes, besonders zu Gunsten der Knaben, zu; die Proportion der Sp. sup. p. zur Dist. ileopubica gelangt zu keiner Regelmässigkeit, sinkt sogar zweimal unter das Niveau zu Gunsten der Sp. p. s. (ward nur an Mädchen gemessen).

Die Breite (das Quermaass) des obersten Kreuzbeinflügels gewinnt, wei schon Fehling voraussagt, zu Gunsten der Mädchen in ziemlich gleichmässig aufsteigender Linie, zumal nach dem 9. Lebensjahre. Litzmann's Angaben über die mittle Breite der Basis ossis sacri neonat. (32·6 mm für Knaben, 30·9 mm für Mädchen) ragen nahe an Fehling's und meine Ergebnisse heran.

Auch stimmt Fasbender's (Schröder's *Zeitschrift* III, S. 297, 1878) Bestimmung der Sp. sup. post. (26·3) fast genau mit dem Fehling'schen Mittelmaasse (26), während Fasbender bei zahlreicheren Messungen für neugeborene Mädchen eine höhere Mittelzahl (25·9) als ich gewann. Die Kinder Mehrgebärender trugen in beiden Geschlechtern grössere Abstände der hinteren oberen Darmbeinstacheln als die Erstgebärender.

Die Tiefe der Längsaushöhlung des Kreuzbeines ist auch bei gesunden Kindern grossen Schwankungen unterworfen und erreicht am Schlusse der Kindheit den 6- bis 7fachen Betrag vom Zustande des Neugeborenen; Knaben bleiben auch in dieser Hinsicht hinter den Mädchen schliesslich zurück. Die Queraushöhlung beträgt bei dem sehr entwickelten $2^1/_2$jährigen Mädchen 9 mm.

Die Diagnose des kindlichen Beckens.

Wer die Ausführung des menschlichen Entwicklungsplanes betrachtet, sollte der Meinung werden, dass der Ausbau des Beckens etwa conform dem des Schädels stetig und harmonisch geschehe. Dem ist nicht so. Das weibliche Kreuzbein überholt das männliche im Breitendurchmesser; die anatomische Conjugata verhält sich im Laufe der Kinderjahre umgekehrt beim Mädchen wie beim Knaben; die Erhebung des Vorberges über dem Beckeneingange macht Rückschritte, um dann relative Fortschritte zu machen. Fast in jeder Reihe unserer vergleichenden Tabellen kommen in der Breite der Gesundheit geradezu excessive Schwankungen vor, ehe die Pubertät festen Fuss fasst.

Das macht die Beurtheilung eines fraglichen Beckens äusserst schwierig. Das Mädchenbecken wird meist an der überwiegenden Länge der wagrechten

Schoossbeinäste, an der Breite der Schoossfuge, nach dem 7. Jahre auch an der Grösse des Schoosswinkels und der Querspannung des Kreuzbeines zu erkennen sein.

Das Alter eines unbekannten Beckens wird am ehesten durch die Distantia sacro-cotyl. und die ileopubica, dann auch durch den Durchmesser des Wirbelkanales und die Grösse der Verknöcherungspunkte bestimmbar sein; bei kranken Becken wird man die Grösse der Schenkelpfannen, die Breite des grossen Beckens und die Höhe der Schoossfuge zu Hülfe nehmen müssen.

Grösster Pfannendurchmesser bei Mädchen:

Alter:	Neugeb.	$2^1/_4$ Jahr	5	10	12	14
	16	30	35	40	42	44

Für fernere Zusammenstellungen empfiehlt sich, wie ich gethan habe, photographisch die Becken in drei Ansichten (von oben, unten und vorn) aufzunehmen, welche für sämmtliche Kindesalter auf dieselbe Grösse gebracht sind. Individuelle und Wachsthumverschiedenheiten lassen sich so am schnellsten übersehen und nachmessen. Namentlich tritt durch dieses Verfahren so unmittelbar wie durch kein anderes das Nachvornwachsen, den Pyramidalmuskeln zu, der Hüftbeinschaufeln und etwaige Raceneigenthümlichkeit je nach dem Lebensalter hervor.

Beschreibung der Abbildungen Tafel IV.

Fig. 1. Ansicht des Beckeneingangs eines 1jährigen Mädchens (Böhmin).

Fig. 2. Sagittaldurchschnitt des Beckens eines 1jährigen Mädchens (Sächsin) $^{40}/_{43}$.

a Spina anterior superior.

b, b, b Grenzen zwischen Knorpel und Knochen.

c Gegend der Pfanne.

Fig. 3. Mädchenbecken, aus dem 3. Lebensjahre; deutsche Rasse. Ansicht des Eingangs zum kleinen Becken $^{8}/_{13}$.

Fig. 4. Beckeneingang eines 12jährigen Mädchens (deutsche Rasse) $^{17}/_{41}$.

Fig. 2 ist durch theilweisen Naturselbstdruck entstanden; die übrigen Figuren sind nach photographirten Unterlagen von Hrn. E. A. Funke entworfen.

Der Luftdruck im menschlichen Hüftgelenke.

Von

Prof. Dr. Chr. Aeby
in Bern.

Die Frage des Luftdruckes im menschlichen Hüftgelenke scheint nicht zur Ruhe kommen zu wollen. Ich sehe dabei von den auch neuerdings gemachten Versuchen, seine Wirksamkeit überhaupt in Abrede zu stellen, völlig ab, da ich meinerseits nach dieser Seite hin die Angelegenheit für erledigt halte. Dagegen verdient eine von E. Fick[1] herrührende Behauptung, wonach die Gegend der von Bindegewebe erfüllten Fovea acetabuli unter Atmosphärendruck stehen und somit für die durch letzteren bedingte Tragfähigkeit des Gelenkes ohne Bedeutung sein soll, genauer geprüft und entweder bestätigt oder aber widerlegt zu werden.

Fick ist der Meinung, die von ihm vertretene Ansicht bezüglich der Fovea sei bereits in der bekannten *Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge* der Gebrüder Weber andeutungsweise enthalten. Meines Dafürhaltens beruht dies auf einem bei der nichts weniger als klaren Darstellung der letzteren leicht verzeihlichen Missverständnisse. Hätten die genannten Forscher wirklich, wie Fick ihnen nachrühmt, die nicht überknorpelten Theile der Pfanne, also die Fovea und Incisura, als nicht zu dem eigentlichen Gelenkinnern gehörig betrachtet wissen wollen, so hätten sie dies bei der Ausführlichkeit, womit sie den ganzen Gelenksmechanismus behandelt haben, doch wohl kaum nur dadurch zu verstehen gegeben (Fick, a. a. O., S. 543), dass sie die Projection der überknorpelten Theile der Pfanne auf eine Horizontalebene als Basis der tragenden Luftsäule auffassten, sondern sie hätten solches sicherlich geradezu ausgesprochen. Von einer Unterscheidung zwischen überknorpelten und nicht überknorpelten Theilen ist bei ihnen nirgends die Rede, sondern nur von einer „Berührungsfläche der Pfanne mit dem Schen-

[1] A. Eugen Fick, Zur Mechanik des Hüftgelenkes. *Dies Archiv.* 1878. Anatomische Abtheilung.

kelkopfe“ (a. a. O., S. 160), die sie als Basis der pressenden Luftsäule in Anspruch nehmen. Die Wahl dieser Berührungsfläche ist bei ihnen das Resultat der völlig irrigen Voraussetzung, dass der untere Pfannenrand dem sinkenden Gelenkkopfe keinen Widerstand entgegensetzt und das schwebende Bein nur „an der oberen Seite des Schenkelkopfes“ zurückgehalten wird (S. 153). Sie projicirten in Folge davon die letztere oder vielmehr den zugehörigen Pfannenabschnitt senkrecht nach unten und kamen demgemäss gar nicht in den Fall, über ein allfällig besonderes Verhalten der Fovea nachzudenken oder sie auch nur „instinctiv“ zu umgehen. Sie konnte für sie ebensowenig als die unteren überknorpelten Partien[1] der Pfanne in Betracht kommen, weil sie bereits innerhalb der Projectionsebene der oberen Pfannentheile lag und somit dem Luftdruck so wie so keinen Vorschub zu leisten vermochte. Wir wissen jetzt, und auch Fick muss solches anerkennen, dass die Annahme der Gebrüder Weber unrichtig ist, und dass der Schenkelkopf seiner Pfanne nicht gerade nach unten zu entschlüpfen vermag, sondern sich durch den unteren Rand gezwungen sieht, dabei eine zu ihrer Eingangsebene ziemlich senkrechte Richtung einzuhalten. Dadurch wird natürlich die „Berührungsfläche der Pfanne mit dem Schenkelkopfe“ zu einer ganz anderen, als wie die Gebrüder Weber sie angenommen haben und wie sie angenommen werden müsste, wenn der Schenkelkopf gerade nach unten herabfiele. Es wäre daher auch reiner Zufall, wenn der Luftdruck des Gelenkes sich trotzdem wenigstens annähernd auf derjenigen Höhe hielte, welche die Gebrüder Weber auf unrichtige Voraussetzungen hin berechnet hatten. Fick rühmt freilich den genialen Blick, womit sie es verstanden hätten, in stillschweigenden, fast instinctiven Voraussetzungen da das Richtige zu treffen, wo noch spätere Forscher trotz Experimentirens zu einer abweichenden Meinung gekommen seien. Das stimmt aber nicht recht mit seinen sonstigen Bekenntnissen und zudem ist er die Erklärung schuldig geblieben, weshalb sich denn, wenn die Gebrüder Weber richtig gerechnet haben, der Luftdruck im Gelenke erfahrungsgemäss viel höher ausweist, als es darnach der Fall sein sollte.

Bekanntlich haben sich die Gebrüder Weber mit der experimentellen Bestimmung der Höhe des Luftdruckes im Hüftgelenke nicht abgegeben, sondern sich mit der Thatsache begnügt, dass der Last des Beines durch ihn das Gleichgewicht gehalten wurde und auch das Resultat ihrer Berechnung dieser Wahrnehmung entsprach. Es ist mir nicht bekannt, dass von irgend Jemand specielle Untersuchungen darüber wären angestellt worden,

[1] Fick (S. 543) scheint allerdings zu glauben, dass sie die ganze überknorpelte Pfannenarea als Basis der tragenden Luftsäule auf eine Horizontalebene projicirt hätten. Aber dann hätten sie als letztere ja die Eingangsebene der Pfanne wählen müssen, was bei ihrer ganzen Auffassung der Dinge völlig sinnlos gewesen wäre.

welches Verhältniss zwischen der nach der Rechnung der Gebrüder Weber vorhandenen und der thatsächlich beobachteten Tragfähigkeit des Gelenkes besteht, und doch ist die Kenntniss eines solchen bei der Tragweite, die man der ersteren nach verschiedenen Richtungen hin hat geben wollen, keineswegs unerwünscht. Die Probe lässt sich, da uns die Durchmesser des von den Gebrüdern Weber zur Berechnung benützten Gelenkes bekannt sind, ohne Weiteres anstellen. Bei der ausserordentlichen Regelmässigkeit der Gelenkform muss der Inhalt der von ihnen gewählten „Berührungsfläche des Kopfes mit der Pfanne“ zur Eingangsebene der letzteren in einem nahezu constanten Verhältnisse stehen und sich daher aus dieser die Höhe des Luftdruckes berechnen lassen, die nach ihren Ansätzen einem jedem Gelenke zukommt. Das beiderseitige Flächenverhältniss ist genau wie 60 : 100.[1]

Meine Versuche wurden alle mit dem Bestreben angestellt, störende Momente so viel als möglich fern zu halten und einfachste Bedingungen herzustellen. Das Gelenkende des Femur wurde daher in der Gegend der Rollhügel abgesägt und der Kopf durch an den Hals gehängte Gewichte möglichst senkrecht aus der annähernd horizontal gelagerten Pfanne herausgerissen. Da die Weichtheile alle durchtrennt waren und die Cohäsion erwiesener Maassen[2] keine nennenswerthe Wirkung auszuüben vermag, so war ich auf diese Weise sicher, mit meinen belastenden Gewichten auf keinen anderen Widerstand als denjenigen des Luftdruckes zu stossen. Ausserdem trug ich, um den Apparat möglichst leistungsfähig zu erhalten, dafür Sorge, dass vor dem Versuche keine Luxation des Kopfes stattfand, letzerer vielmehr erst durch die Belastung selbst aus seiner Stellung verdrängt wurde.[3] Ich ordne die Gelenke nach zunehmender Grösse. Als beobachtete

[1] Die Gebrüder Weber geben (a. a. O. S. 160) die grösste Sehne vom Kugelsegmente ihrer Beckenpfanne zu 47mm an. Die zugehörigen Knochenabdrücke (Taf. IX, Fig. 1. u. 2) beweisen aber mit voller Sicherheit, dass deren grösster Durchmesser 50mm betragen haben muss. Ich habe daher auch diese Zahl meiner Berechnung zu Grunde gelegt. — Unbegreiflich bleibt es mir, wie Fick (a. a. O. S. 543) gegen Schmid (Ueber Form und Mechanik des Hüftgelenkes. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie,* Bd. V) den Vorwurf erheben konnte, dass er die Gebrüder Weber als Basis der tragenden Luftsäule die gewölbte Area der Pfanne, statt deren Projection auf eine Horizontalebene, habe wählen lassen. Schmid's ganze Darstellung beweist doch klar genug das Gegentheil. Jedenfalls ist es eine etwas starke Zumuthung, dass ein wissenschaftlicher Beobachter eines derartigen Verstosses gegen die fundamentalsten Gesetze der Physik überhaupt fähig sei.

[2] Aeby, Beiträge zur Kenntniss der Gelenke. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie.* Bd. VI.

[3] Nach Beendigung des Versuchs unterliess ich es nie, mich durch genauen Augenschein davon zu überzeugen, dass in der That keinerlei fremde Einwirkungen stattgefunden hatten. Ich hebe dies deshalb hervor, weil eine solche bei Unachtsamkeit bisweilen von seiten der Kapsel erfolgen kann. Ist diese sehr eng und straff und wird

Tragkraft erscheint überall das Gewicht, das eben erforderlich war, um den Luftdruck zu überwinden und den Kopf abzureissen.

	Absoluter Barometerstand.	a. Grösster Durchmesser in Pfanne in Millim.	b. Quadratoberfläche des Pfanneneinganges in Centim.	c. Belastete Berührungsfläche von Kopf und Pfanne nach Weber = 60 Proc. des Pfanneneinganges.	d. Gewicht der pressenden Luftsäule nach Weber in Kgr.	e. Beobachtete Tragkraft des Gelenkes in Kgr.	f. Differenz von e gegenüber d in Kgr.
1. Rechtes Hüftgelenk (Knabe)	708·8	37	10·6	6·4	6·1	9·0	+2·9
2. Linkes „ (Knabe)	708·8	37	10·6	6·6	6·1	9·4	+3·4
3. Rechtes „ (Weib)	721·5	42	13·8	8·3	8·2	7·5	—0·7
4. Linkes „ (Weib)	721·5	42	13·8	8·3	8·2	7·5	—0·7
5. Linkes „	703·8	45	15·9	9·5	9·1	12·0	+2·9
6. Linkes „	708·4	46	16·6	10·0	9·6	13·5	+3·6
7. Linkes „	708·4	46	16·6	10·0	9·6	14·5	+4·9
8. Rechtes „ (Weib)	710·0	47	17·4	10·4	10·1	11·5	+1·4
9. Linkes „ (Weib)	710·0	47	17·4	10·4	10·1	11·0	+0·9
10. Rechtes „ (Mann)	720·0	48	18·1	10·9	10·6	12·2	+1·6
11. Linkes „ (Mann)	720·0	48	18·1	10·9	10·6	14·2	+3·6
12. Linkes „	703·8	49	18·9	11·3	10·9	12·5	+1·6
13. Rechtes „ (Mann)	725·0	50	19·6	11·8	11·6	10·0	—1·6
14. Rechtes „ (Mann)	724·0	51	20·4	12·2	12·1	15·0	+2·9
15. Linkes „ (Mann)	724·0	51	20·4	12·2	12·1	14·5	+2·4
16. Rechtes „ (Mann)	719·0	52	20·4	12·2	12·0	13·5	+1·5
17. Rechtes „ (Mann)	722·5	52	21·2	12·7	12·5	10·7	+8·2
18. Rechtes „	716·0	56	24·6	14·8	14·4	17·5	+3·1

Ich habe, um ein naturgetreues, durchaus objectives Bild der Versuchsreihe, wie man sie in Wirklichkeit gewinnt, zu liefern, bei der Zusammenstellung der Tabelle keine Auswahl von Fällen getroffen, sondern sie alle ohne Unterschied, wie ich sie erhalten, aufgenommen. Sämmtliche Gelenke stammen aus dem Präparirsaale der hiesigen Anatomie. Kein einziges derselben kann daher mit vollem Recht auf das Prädicat „frisch“ Anspruch erheben. Nicht wenige von ihnen hatten sogar bereits tagelang gelegen, sodass von ihnen die volle ursprüngliche Leistungsfähigkeit kaum zu erwarten, jedenfalls aber nicht zu verlangen war. Emphysem des Binde-

sie tief unten durchschnitten, so kann sie dem andringenden Kopfe erheblichen Widerstand leisten und eine unrichtige Tragfähigkeit des Gelenkes vortäuschen. Bleibt letztere innerhalb der Grenzen des Luftdrucks, so entzieht sich der Fehler leicht der Wahrnehmung, was natürlich nicht mehr zu befürchten ist, wenn jene überschritten werden. So deute ich auch die beiden von Fick (S. 534, Tabelle VI, Nr. 15 und 16) mitgetheilten aussergewöhnlichen Fälle von gesetzwidriger Tragkraft.

gewebes der Fovea kam wiederholt zur Beobachtung. Auch erwies sich die durchschnittene Kapsel nicht immer als hinreichend widerstandsfähig, vielmehr liess sie sich sehr häufig einsaugen und machte dadurch dem Versuche ein verfrühtes Ende. Nichtsdestoweniger leisteten die sämmtlichen Gelenke bis auf einige wenige (Nr. 3 und 4 und Nr. 13), die sich durch äusserst schlaffe Bandmassen auszeichneten, erheblich mehr, als solches nach der Weber'schen Rechnung der Fall sein sollte. Die zwei, drei, vier, fünf, ja selbst acht Kilogramme des getragenen Uebergewichtes bestätigen wohl klar genug die bereits von früheren Forschern gemachte Erfahrung, dass die Weber'schen Ansätze, ganz abgesehen von der falschen Grundlage, worauf sie stehen, keine der wirklichen Tragfähigkeit des Gelenkes entsprechenden Zahlen zu liefern vermag. Diese ist weitaus grösser, zumal der Natur der Sache nach in unserer Tabelle nicht die kleineren, sondern die gösseren Werthe den Ausschlag geben. Es lässt sich ja wohl verstehen, wie durch mancherlei, zudem keineswegs unbekannte, störende Einflüsse die Leistungsfähigkeit eines Gelenkes herabgedrückt werden kann, nicht aber, durch welche Momente eine solche erhöht werden sollte. Das von den Gebrüdern Weber so sehr betonte Gleichgewicht zwischen Lufdruck und angehängter physiologischer Last ist thatsächlich nicht vorhanden. Wer weiss (Aeby, a. a. O.), dass solches auch bei den übrigen Gelenken des Körpers nicht zutrifft, kann davon nicht überrascht werden. Hoffentlich tragen obige Zahlen dazu bei, die Weber'schen Berechnungen, die bei der wohlbegründeten Autorität ihrer Urheber nur zu lange in unverdientem Ansehen gestanden haben, endlich einmal aus der Welt zu schaffen. Unter normalen Verhältnissen wird das hängende Bein vom Luftdrucke nicht nur einfach, sondern mehrfach getragen, ganz abgesehen von anderweitigen Momenten, die ihm dabei zu Hilfe kommen.

Wir haben bereits hervorgehoben, dass auch Fick fur den Zusammenhang des Hüftgelenkes die senkrechte, auf der Ebene des Pfannenrandes lastende Luftsäule in Anspruch nimmt. Dagegen will er aus jener die Gegend der Fovea, weil dieselbe unter Athmosphärendruck stehe, ausgeschaltet wissen. Auffallender Weise beruft er sich hierbei namentlich darauf, dass zwischen dem Flächeninhalte der Pfanne und deren empirisch gefundener Tragkraft keine ständige Beziehung vorhanden und demnach die störende Mitwirkung eines von den früheren Beobachtern übersehenen Momentes wahrscheinlich sei. Als ob ein derartiges Moment, sobald es mit einer gewissen Beständigkeit auftritt, derartige Ungenauigkeiten auszugleichen vermöchte! Schälen wir übrigens aus der ganzen Angelegenheit den nackten Kern heraus, so handelt es sich offenbar nur darum, ob das Gewebe der Fovea hinreichende Widerstandsfähigkeit besitzt, um den Luftdruck aufzuhalten oder nicht. Theoretisch ist die Frage nicht

zu entscheiden. Es muss daher billigerweise auffallen, dass **Fick** den nächstliegenden Prüfstein für die Richtigkeit seiner Meinung nicht aufgehoben, sondern gänzlich übersehen hat. Wenn die mangelnde Uebereinstimmung zwischen dem Flächeninhalt der Pfanne und ihrer empirischen Tragkraft wirklich davon herrührt, dass im Mechanismus des Gelenkes bisher ein wichtiges Moment übersehen worden ist, so muss eine solche ja sofort, wenigstens annähernd, durch die Einführung dieses Momentes in die Rechnung erstellt werden können. Untersuchen wir unsere Gelenke auf diesen Punkt. Die Fovea entbehrt allerdings einer mathematisch regelmässigen Form. Nichtsdestoweniger lässt sich ihr auf die Randebene der Pfanne projicirter Flächeninhalt mit einer für die schwebende Frage ausreichenden Genauigkeit auf einen Kreis oder ein rechtwinkeliges Viereck berechnen.

Ich habe die bezüglichen Ansätze absichtlich so klein als möglich genommen, sodass der Werth der Fovea in der nachfolgenden Zusammenstellung eher als zu niedrig denn als zu hoch muss angesehen werden.

	Quadratinhalt in Centim.		
	Ganze Pfanne.	Fovea.	Ueberknorpelter Theil der Pfanne.
1. Rechtes Hüftgelenk (Knabe) . . .	10·6	4·5	6·1
2. Linkes „ (Knabe) . . .	10·6	4·5	6·1
3. Rechtes „ (Weib) . . .	13·8	5·7	8·1
4. Linkes „ (Weib) . . .	13·8	5·7	8·1
5. Linkes „	15·9	8·0	7·9
6. Linkes „	16·6	6·1	10·5
7. Linkes „	16·6	7·1	9·5
8. Rechtes „ (Weib) . . .	17·4	7·3	10·1
9. Linkes „ (Weib) . . .	17·4	7·3	10·1
10. Rechtes „ (Mann) . . .	18·1	9·1	9·0
11. Linkes „ (Mann) . . .	18·1	9·6	8·5
12. Linkes „	18·9	8·6	10·3
13. Rechtes „ (Mann) . . .	19·6	10·4	9·2
14. Rechtes „ (Mann) . . .	20·4	7·8	12·6
15. Linkes „ (Mann) . . .	20·4	7·8	12·6
16. Rechtes „ (Mann) . . .	20·4	9·0	11·4
17. Rechtes „ (Mann) . . .	21·2	8·0	13·2
18. Rechtes „	24·6	11·3	13·3
Mittel aller Erwachsenen (Nr. 3—18)	18·3	8·0	10·3
	100·0	43·7	56·3

Die Fovea umfasst hiernach einen so beträchtlichen Bruchtheil der ganzen Pfanne, dass die Tragfähigkeit des Gelenkes durch ihre Ausschaltung eine äusserst erhebliche, ja die gewöhnlichen Fehlergrenzen sicherlich

überschreitende Verminderung erfahren müsste. Individuell erscheint sie dem überknorpelten Pfannentheile nicht allein ebenbürtig, sondern selbst überlegen. Im Mittel steht sie nur um 12·5 Procent der ganzen Pfannenfläche hinter ihr zurück. Eine Vergleichung des berechneten und beobachteten Luftdruckes lässt daher unzweideutige Resultate erwarten.

	Gewicht der pressenden Luftsäule in Kgr.			*d.* Beobachtete Tragkraft des Gelenkes in Kgr.	Differenz von *d*	
	a. Ganze Pfanne.	*b.* Fovea.	*c.* Ueberknorpelter Theil der Pfanne.		gegenüber *a.*	gegenüber *c.*
1. Rechtes Hüftgelenk (Knabe)	10·2	4·3	5·9	9·0	—1·2	+3·1
2. Linkes „ (Knabe)	10·2	4·3	5·9	9·5	—0·7	+3·6
3. Rechtes „ (Weib)	13·6	5·7	7·9	7·5	—6·1	—0·4
4. Linkes „ (Weib)	13·6	5·7	7·9	7·5	—6·1	—0·4
5. Linkes „	15·2	7·6	7·6	12·0	—3·2	+4·4
6. Linkes „	16·0	5·9	10·1	13·5	—2·5	+3·4
7. Linkes „	16·0	6·8	9·2	14·5	—1·5	+5·3
8. Rechtes „ (Weib)	16·8	7·0	9·8	11·5	—5·3	+1·7
9. Linkes „ (Weib)	16·8	7·0	9.8	11·0	—5·8	+1·2
10. Rechtes „ (Mann)	17·7	8·4	8·9	12·2	—5·5	+3·3
11. Linkes „ (Mann)	17·7	9·4	8.3	14·2	—3·5	+5·9
12. Linkes „	18·1	8·2	9·9	12·5	—5·6	+2·6
13. Rechtes „ (Mann)	19·3	10·2	9·1	10·0	—9·3	+0·9
14. Rechtes „ (Mann)	20·1	7·6	12·5	15·0	—5·1	+2·5
15. Linkes „ (Mann)	20·1	7·6	12·5	14·5	—5·6	+2·0
16. Rechtes „ (Mann)	20·0	8·8	11·2	13·5	—6·5	+2·3
17. Rechtes „ (Mann)	20·9	8·2	12·7	20·7	—0·2	+8·0
18. Rechtes „	24·0	11·0	13·0	17·5	—6·5	+4·5

Ein constantes Verhältniss zwischen der empirisch gefundenen Tragkraft des Gelenkes und dessen gesammtem und theilweisem Flächeninhalte ist in diesen Zahlen nicht vorhanden. Wenn daher Fick ein solches verlangt, um ihren zu niedrigen Werth gegenüber dem berechneten auf mangelnde Leistungsfähigkeit der Ventilvorrichtung beziehen zu dürfen, so ist mit der Ausschaltung der Fovea aus dem Territorium der belastenden Luftsäule nicht das Mindeste gewonnen und man hätte sich somit nach einem weiteren, bisher ausser Acht gelassenen Momente umzusehen. Es ist aber überhaupt schwer begreiflich, wie derselbe dazu kommt, eine derartige Forderung aufzustellen, liegt es doch in der Natur der Sache, dass gerade die Insufficienz des Hüftgelenkes als Luftdruckapparat von einer ganzen Anzahl in ihrem jeweiligen Werthe durchaus unberechenbarer Momente abhängig sein muss und daher der Mangel einer constanten Be-

ziehung zwischen theoretisch berechneter und wirklich beobachteter Leistungsfähigkeit mit ihr in viel besserem Einklange steht, als mit der Einführung eines constanten Factors. Wenn zudem trotz der letzteren Theorie und Praxis nicht besser stimmen als vorher, so liegt darin wohl der sicherste Beweis, dass diesem Factor die ihm beigemessene Bedeutung gar nicht zukommt. Ich stehe denn auch gar nicht an, schon aus dem allgemeinen Resultate diesen Schluss mit aller Entschiedenheit zu ziehen.

Noch viel unzweideutiger wird das Ergebniss, wenn wir uns die gewonnenen Zahlen etwas auf ihr specielles Verhalten ansehen. Es zeigt sich dann, dass die empirische Tragkraft, welche bei Zugrundlegung der ganzen Pfannenebene gegenüber der berechneten zu klein auszufallen pflegt, bei Zugrundlegung bloss der überknorpelten Partien in der Regel viel zu hohe Werthe ergiebt. Betrug auch der Ueberdruck in einem Gelenke nicht ganz 1 ^{kgr}, so stieg er doch dafür in einem anderen bis auf 8 ^{kgr} an, so dass die empirische Tragkraft von der für die Grundfläche des ganzen Gelenkes berechneten kaum abwich. Das sind Zahlen, die durch die elastische Phrase von einem Abnehmen des Atmosphärendruckes in der Fovea nach der Peripherie hin (Fick, S. 542) nicht abgeschwächt werden können. Zudem ist nicht zu vergessen, dass sie Minimalwerthe für den Fall sind, dass wir die ungetrübteste Leistungsfähigkeit des Gelenkes innerhalb des Bereiches seiner überknorpelten Bezirke voraussetzen und jeglichen Kraftverlust auf dieser Seite ausschliessen. Wie wenig solches in Wirklichkeit zutrifft, weiss Jeder, der jemals bezügliche Versuche angestellt hat. Dadurch wird der Standpunkt der Fick'schen Theorie natürlich noch ein weitaus schwierigerer; denn dann muss der Fovea ein noch grösserer Antheil an der Tragkraft des Gelenkes zu Gute geschrieben werden.

Ich kann also auf Grund der mitgetheilten Experimente nicht zugeben, dass bei der Verminderung der Tragfähigkeit des Hüftgelenkes der Fovea irgendwie ein höherer Einfluss als anderen seiner Theile zukomme. Ja ich behaupte geradezu, dass ihr in der grossen Mehrzahl der Fälle sogar nur ein kleinerer Theil der Schuld aufzubürden sei. Ihre Weichtheile werden vom Beckenknochen festgehalten und können daher nicht in das Innere des Gelenkes eingesogen werden. In erheblichem Maasse nachgiebig sind sie aus dem gleichen Grunde auch nur zunächst der Incisura. Diese aber steht hier wiederum nahezu senkrecht auf der Eingangsebene der Pfanne, so dass von einem erheblichen Einflusse auf deren durch Luftdruck bedingte Tragfähgkeit kaum die Rede sein kann. Im Gegentheil könnte durch das stärkere Andrängen an die Oberfläche des Gelenkkopfes ja nur die Sicherheit des Ventilverschlusses erhöht werden. Wo die Fovea wirklich schädlich wird, geschieht es durch Emphysembildung in dem sie erfüllenden Gewebe. Es ist beinahe überflüssig hervorzuheben, wie gerade die Leichtigkeit,

womit eine solche auftritt, nicht eben zu Gunsten eines herrschenden Atmosphärendruckes, wohl aber für das Gegentheil spricht.

Ganz anders steht es mit der Gelenkkapsel. Diese verliert mit ihrer Durchschneidung den ursprünglichen Halt am Oberschenkel und wird der Gefahr ausgesetzt, durch den Luftdruck bei der Belastung des Gelenkes in dessen Inneres hineingetrieben zu werden. Solches trat denn auch nachweislich in der grossen Mehrzahl der von mir beobachteten Fälle ein. Verminderte Leistungsfähigkeit und verfrühter Fall des angehängten Gewichtes waren die ebenso natürliche wie nothwendige Folge. Ich bin der festen Meinung, dass gerade hierin der Hauptgrund für die oft so auffällige Verschiedenheit zwischen der theoretisch berechneten und empirisch gefundenen Tragkraft des Gelenkes zu erblicken ist. Ich werde darin durch die Erfahrung bestärkt, dass junge Individuen fast ausnahmslos ungleich bessere Resultate liefern als ältere. Man berathe darüber nur die einem etwa 8jährigen Knaben entnommene Nr. 1 und 2, sowie die von einem 17-Jährigen herrührende Nr. 13 der Tabelle, wo Theorie und Praxis sich nahezu decken. Auf jugendlicher Altersstufe liegt der Limbus der Pfanne dem Kopfe noch dicht an und verhindert das Einschlüpfen der Gelenkkapsel, während später ihr Anschluss bekanntlich viel an Genauigkeit einbüsst und die klaffende Lücke einer nicht hinreichend widerstandsfähigen Kapsel den Weg ins Innere des Gelenkes bahnt. Wer daher bei der Anstellung derartiger Versuche die Wahl hat, wird gut thun, sich wenn immer möglich an kindliche oder wenigstens jugendliche Individuen zu halten, wie ich solches übrigens schon früher (*Deutsche Zeitschrift für Chirurgie*, Bd. VI) empfohlen habe. Er wird dann voraussichtlich wenig Grund finden, in das Klagelied getäuschter Erwartung bezüglich der Leistungsfähigkeit des Gelenkes mit einzustimmen.

Die weitaus gefährlichste Stelle für das Eingesogenwerden der Kapsel ist nach meinen Beobachtungen die von dem Schleimbeutel des Ilio-psoas begrenzte. Letztere ist hier meistentheils ausserordentlich dünn und man erfüllt daher unter allen Umständen nur ein Gebot der Vorsicht, wenn man sie von überlagernden Weichtheilen nicht allzusehr entblösst, sondern ihrer Widerstandsfähigkeit durch Belassung einer Schicht von Muskelfleisch zu Hülfe kommt. Man macht in dieser Hinsicht oft geradezu überraschende Erfahrungen. So erschien bei einem Gelenke die Tragfähigkeit sofort um volle 5 ^{kgr} erhöht, nachdem ich die bezeichnete, zuvor völlig entblösste Strecke mit einem flach angedrückten Muskelstreifen bekleidet hatte. Das beweist jedenfalls zur Genüge, in welch hohem Grade das Gelingen des Experimentes von Zufälligkeiten abhängt und wie wenig Berechtigung dazu vorhanden ist, selbst einen grösseren Ausfall an theoretisch berechneter Tragkraft in dem Sinne zu verwerthen, wie Fick es gethan hat. Ein solcher

ist übrigens, wie unsere Tabelle zeigt, gar nicht einmal immer vorhanden und dadurch verlieren auch die Fälle, wo er sich einstellt, vollends an Bedeutung, da ja, wie schon einmal hervorgehoben wurde, die höheren Werthe der beobachteten Tragkraft für den Mechanismus des Gelenkes allein maassgebend sind.

Die mitgetheilten Zahlenreihen beweisen wohl zur Genüge, dass die Formel, wonach die von Bindegewebe erfüllte Fovea für den directen Atmosphärendruck zugänglich sei, mit dem experimentell erwiesenen Thatbestande in Widerspruch steht und diesem gegenüber das Feld nicht zu behaupten vermag. Die von Fick zu Gunsten seiner Ansicht ausgeführten Versuche vermögen an dieser Sachlage nichts zu ändern, obgleich er durch einen derselben, dessen Gelingen er übrigens selbst gewissermaassen als einen glücklichen Zufall bezeichnet, den Nachweis des Gegentheiles glaubt liefern zu können. „Wenn dies (nämlich der Ausschluss der Fovea vom Atmosphärendrucke) wirklich der Fall wäre“, heisst es wörtlich auf S. 540, „so könnte z. B. ein den Pfannenboden im Gebiete der Fovea durchbohrendes Loch den Zusammenhang des Gelenkes nicht ändern, oder dürfte ihn wenigstens nicht vernichten für den Fall, dass man annimmt, der Druck, unter dem das Lig. teres steht, werde von der Incisur an nach oben geringer. Ohne Zweifel wird Vielen dies auf den ersten Blick als unmöglich erscheinen, da es sich bei dem so vielfach und immer mit demselben Erfolge wiederholten Weber'schen Hauptversuche längst gezeigt haben müsste; denn es ist ja gar nicht denkbar, dass das in den Pfannenboden gebohrte Loch jedesmal die Fovea durch Zufall verfehlt haben sollte. Dieses Bedenken lässt sich aber durch eine nackte Thatsache entkräften.“ Man sollte nun denken, dass Fick ein solches Loch in den Pfannenboden gebohrt und durch das gewonnene Resultat das erhobene Bedenken als eitel erwiesen hätte; denn dass der Bohrer der früheren Beobachter die Fovea jedesmal durch Zufall verfehlt haben sollte, ist allerdings wenig wahrscheinlich. Ich gestehe auch offen, dass ich gar nicht begreife, wie Fick an eine solche Möglichkeit überhaupt nur denken kann, da ich es aus verschiedenen Gründen für äusserst thöricht hielte, wenn Jemand das Bohrloch anderswohin als in die Fovea verlegen wollte. Ich meinestheils habe es wenigstens bei den vielen Dutzenden von Versuchen, die ich angestellt habe, nie gethan und dabei ausnahmslos völlige Vernichtung der Tragfähigkeit des Gelenkes durch Luftdruck beobachtet, vorausgesetzt, was sich eigentlich von selbst versteht, dass das Loch wirklich frei erhalten und eine beim Einpressen des Kopfes leicht eintretende Verstopfung durch überlagernde Weichtheile verhindert wurde. Das Ergebniss ist dabei stets das gleiche, gleichgiltig ob das Loch am Rande oder in der Mitte, möglichst nahe an oder möglichst fern von der Incisur gebohrt wird. Ja man braucht auch nur von der letzteren aus das

sie verdeckende Stück des Lig. teres auszuschneiden, um mit Sicherheit zu demselben Ziele zu gelangen. Das sind auch nackte Thatsachen, die von Jedermann jeden Augenblick bestätigt werden und es hinsichtlich der Beweiskraft mit der von Fick vorgebrachten unbedenklich aufnehmen können. Dieser meisselt nämlich (S. 540) nach Durchschneidung sämmtlicher Weichtheile in der Umgebung des Gelenkes ein etwa 10 ^{mm} im Geviert haltendes Loch in den Pfannenboden auf die Fovea acetebuli, so dass man bei Bewegungen des Gelenkkopfes das Lig. teres deutlich mitbewegt werden sehen kann, und findet, dass durch dieses Loch der Zusammenhang des Gelenkes nicht vernichtet wird, da es noch bis zu 14 ^{kgr} trug. Es liegt auf der Hand, dass damit weiter nichts bewiesen wird, als dass die Weichtheile der Fovea auch ohne knöcherne Unterlage ausreichen, um den hermetischen Abschluss des Gelenkinnern zu besorgen. Das hat auch Fick eingesehen. Wenn er aber gleich darauf in dem Umstande, dass sich ein auf die Incisura wirkender Druck bis hinauf in das Gebiet der Fovea fortpflanzt, einen Beweis erblicken will, dass letztere unter Atmosphärendruck steht, so ist damit doch die von ihm selbst beobachtete Thatsache nicht in Einklang zu bringen, dass eine Verletzung des Lig. teres das Gelingen des Versuches in Frage stellt. „Zwar wird, wie er Seite 542 sagt, das Gewebe durch einen glatten Schnitt durchaus nicht unfähig gemacht als Ventil zu dienen, allein da man in das enge Loch mit den Fingern nicht eindringen, die durch den Schnitt erzeugten Lappen also nicht ganz sicher ankleben kann, so lässt es sich oft nicht vermeiden, dass schon bei geringer Belastung durch ein derartiges unfreiwillig erzeugtes Loch die Luft unter feinem Pfeifen eindringt und den Experimentirenden nöthigt, an diesem Präparate die Arbeit einzustellen.“ Damit spricht Fick seiner eigenen Theorie das Todesurtheil. Ein Ventil ist doch sicherlich nur dort erforderlich, wo der Atmosphärendruck aufhört. Dies geschieht nach Fick in den Randpartien der Fovea und diese haben somit den ventilartigen Abschluss des Gelenkinnern zu besorgen. Wenn daher durch ein im Pfannenboden, also wohl in dem centralen Gebiete gelegenes Loch, sobald seine Ränder nicht ventilartig schliessen, Luft in die Gelenkhöhle eindringen kann, so geht daraus doch mit Sicherheit hervor, dass die Grenze für den Atmosphärendruck anderswo liegt, als uns Fick glauben machen will. Auch ein glatter Schnitt durch die Weichtheile der Incisur hebt ja den Luftdruck nur dann nicht auf, wenn dessen Ränder fest dem Gelenkkopfe aufliegen und so als Ventil zur Wirksamkeit gelangen. Jeder Mangel in dieser Beziehung beraubt das Gelenk seiner Tragfähigkeit und es ist daher schwer zu begreifen, wie Fick auch dieser Thatsache gegenüber an seiner Theorie festhalten kann. Die von ihm angestellten Versuche beweisen weiter nichts, als dass die Weichtheile der Fovea, wenn man ihnen durch Wegnahme der Knochen die erforderliche

Beweglickeit verschafft und sie auch sonst passend behandelt, einen ventilartigen Abschlus des Gelenkinnern erstellen können, dass sie sich also mit einem Worte gerade so verhalten, wie die weichen Umgebungen der Gelenke überhaupt. Dafür, dass im unversehrten Hüftgelenke innerhalb der Fovea Atmosphärendruck herrscht, fehlt ihnen jegliche Beweiskraft, während wieder völlig klare und unzweideutige Versuche keinen Zweifel darüber aufkommen lassen, dass dem nicht so ist.

Fick legt ein solches Gewicht auf die gewöhnlich allerdings beträchtliche Differenz zwischen der berechneten und der wirklich beobachteten Tragkraft des Hüftgelenkes, dass es sich wohl lohnt, nachzusehen, ob denn in dieser Hinsicht andere Gelenke, die keine Incisur und keine Fovea besitzen, weniger ungünstige Resultate darbieten. Prüfen wir zu diesem Behufe die beobachtete Tragkraft in Procenten der berechneten, so erhalten wir mit Zugrundlegung der schon anderwärts [1] von mir gemachten Angaben folgende Zahlenwerthe:

	Belastete Oberfläche.	Tragkraft des Gelenkes.		
		Berechnet.	Beobachtet.	
			Absolut.	In Procenten der berechneten.
1. Schultergelenk.	6 □cm	5808 grm	3090 grm	53·2
2. Ellenbogengelenk.	9 „	8712 „	3750 „	43·0
3. Handgelenk.	4 „	3872 „	630 „	17·3
4. Fingergelenk.	1 „	968 „	233 „	24·1
5. Fussgelenk.	9 „	8712 „	4500 „	51·6

Von den Hüftgelenken mag ein jedes einzeln in die Schranken treten. Auch halte ich es für lehrreich, die beobachtete Tragkraft ausser in Procente der für die ganze Pfannenfläche auch in solche der bloss für ihre überknorpelten Theile berechneten umzusetzen.

	Beobachtete Tragkraft in Procenten der berechneten.	
	Ganze Pfanne.	Pfanne ohne Fovea.
1. Rechtes Hüftgelenk (Knabe)	88·2	152·5
2. Linkes „ (Knabe)	93·1	161·0
3. Rechtes „ (Weib)	55·2	94·9

[1] Aeby, Beiträge zur Kenntniss der Gelenke. *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie.* Bd. VI.

	Beobachtete Tragkraft in Procenten der berechneten.	
	Ganze Pfanne.	Pfanne ohne Fovea.
4. Linkes Hüftgelenk (Weib)	55·2	94·9
5. Linkes „	79·0	158·0
6. Linkes „	84·2	133·6
7. Linkes „	90·4	157·6
8. Rechtes „ (Weib)	68·4	117·3
9. Linkes „ (Weib)	65·5	112·2
10. Rechtes „ (Mann)	68·9	137·1
11. Linkes „ (Mann)	80·2	171·1
12. Linkes „	69·1	126·3
13. Rechtes „ (Mann)	51·8	109·9
14. Rechtes „ (Mann)	75·0	120·0
15. Linkes „ (Mann)	72·1	116·0
16. Rechtes „ (Mann)	67·5	120·5
17. Rechtes „ (Mann)	99·0	163·0
18. Rechtes „	72·9	134·6

Wir erfahren aus dieser Zusammenstellung, dass die niedrigste individuelle Leistungsfähigkeit des Hüftgelenkes noch immer eben so gross ist, wie die höchste der übrigen Gelenke, und dass es deshalb gar nicht nothwendig ist, für dessen durchschnittlich weitaus geringere und individuell sogar nahezu verschwindende Unterschiede zwischen berechneter und beobachteter Tragkraft nach besonderen Erklärungen zu suchen. Die Ungenauigkeiten des Apparates reichen dazu vollständig aus. Es erscheint mir auch kaum denkbar, dass sich Jemand Angesichts der beiden Zahlenreihen für die Fick'sche Theorie entscheiden möchte. Einem Ueberdrucke, der unter den günstigsten Voraussetzungen, die in Wirklichkeit gar nicht oder nur höchst aussnahmsweise vorkommen, bis 60 und 70 Procent beträgt, dürfte dieselbe doch schwerlich gewachsen sein; denn dass ein Gelenk durch die Ungunst der Verhältnisse bis zur Hälfte der berechneten Tragkraft einbüsst, hat ja nichts befremdliches, dass es dieselbe aber um ebensoviel zu übertreffen vermöchte, dürfte ohne die Annahme einer vierten Dimension schwerlich zu erklären sein. Mit rechten physikalischen Dingen könnte dies jedenfalls nicht zugehen. Ich kann daher auch nur diejenige

Meinung als mit keiner Thatsache im Widerspruche und richtig anerkennen, welche für die pressende Luftsäule im Hüftgelenke dessen Randebene annimmt.

Ich will schliesslich die allgemeine Bemerkung nicht unterdrücken, dass es einmal an der Zeit wäre, von der einseitigen Verwendung des Hüftgelenkes in der Angelegenheit des Luftdruckes abzustehen und auch andere Gelenke in den Kreis der Beobachtung zu ziehen. Nur so wird man dazu kommen, bloss Zufälliges vom wirklich Typischen zu unterscheiden, und aufhören, speciellen Einrichtungen und Verhältnissen eine Bedeutung beizulegen, die sie nicht verdienen.

Zur Theorie der Bilderzeugung.

Von

Dr. R. Altmann,
Assistent an der anatomischen Anstalt in Leipzig.

(Hierzu Tafel V.)

Die Zerstreuungskreise der Beugung.

Ein Bild kommt zu Stande, wenn die von den Punkten eines Objectes ausgehenden Lichtstrahlen durch ein Objectiv aufgefangen werden und, indem sie alsdann entsprechend den einzelnen Objectpunkten convergirende Strahlenkegel bilden, an der Spitze derselben wieder ihre Vereinigung finden; da, wo die Spitzen der Strahlenkegel liegen, haben wir das Bild. Dieses einfache Verhältniss gilt sowohl für das Auge und für die Camera, als auch, wenn wir uns das Ocular hinwegdenken und nur das vom Objectiv direct gelieferte Bild in Betracht ziehen, für das Fernrohr und das Mikroskop. Nun wissen wir, insbesondere seit Fraunhofer, dass, wenn wir vor irgend ein Objectiv eine enge Oeffnung bringen und vermittels desselben von einem Punkte ein Bild entwerfen, dieses Bild selbst bei vollkommener Correction nicht wiederum ein Punkt, sondern aus Gründen der Beugung ein Zerstreuungskreis wird. Je grösser wir die Oeffnung machen, desto kleiner wird der Zerstreuungskreis; doch wenn wir auch die volle Oeffnung der Objective benutzen, und wenn auch der Durchmesser derselben viele Zoll beträgt, das Bild des Punktes wird immer ein Zerstreuungskreis bleiben; und wenn uns dieser Zerstreuungskreis seiner geringen Grösse wegen auch als Punkt erscheint, so wird er doch immer eine gewisse mathematisch bestimmbare Grösse haben und doch vielleicht nicht aufhören, auf die Bilderzeugung einen Einfluss auszuüben.

Wir wollen diesen Einfluss der Beugung bei unseren nachfolgenden Erörterungen über die Bilderzeugung zuerst in Betracht ziehen. Derselbe

ist bisher wenig untersucht worden. Auf mathematischem Wege sind einzelne Fragen, die wir sogleich anführen wollen, erledigt; im Uebrigen wusste man nur, dass wenn man die Oeffnung der Objective sehr klein und damit die ein Bild erzeugenden Strahlenkegel sehr eng macht, dass dann das Bild schlechter wird. Es ist das jener bekannte Effect, den man erhält, wenn man z. B. vor die Pupille eine enge Oeffnung bringt; die Gegenstände werden dadurch undeutlicher als zuvor.

Von mathematischen Erwägungen, die über den Einfluss der Beugung auf die Bilderzeugung gemacht worden sind, sind mir zwei bekannt. Uns interessirt zunächst eine Notiz von Lommel,[1] die wir hier zum grössten Theil wörtlich anführen wollen: „Wenn ein fernsichtiges Auge gegen einen sehr weit entfernten Lichtpunkt gerichtet ist, so wird durch die beugende Wirkung der Pupille auf der Netzhaut nicht ein Punkt, sondern ein kreisrundes von abwechselnd dunkeln und hellen Ringen umgebenes Lichtscheibchen sich abbilden; da jedoch die hellen Ringe im Verhältniss zum mittleren Scheibchen äusserst lichtschwach sind, so können wir unsere Betrachtung auf dieses allein beschränken. Bezeichnen wir den Beugungswinkel, bei welchem der erste dunkle Ring eintritt, mit ψ, und den Durchmesser der Pupillenöffnung mit d, so ergiebt sich der Winkel ψ, d. h. der scheinbare Halbdurchmesser des Scheibchens, aus der Gleichung

$$d \cdot \sin \psi = 1{,}2\,\lambda,$$

oder, weil der Winkel ψ sehr klein ist, und desshalb der Bogen statt des Sinus gesetzt werden kann, aus

$$\psi = \frac{1{,}2\,\lambda}{d}.$$

Ist nun für das Licht der Kochsalzflamme, $\lambda = 0{,}0005888$, und wird der Durchmesser der Pupille zu 4^{mm} angenommen, so erhält man

$$\psi = 36{,}43''$$

Von zwei entfernten Lichtpunkten liefert jeder für sich ein solches Lichtscheibchen, deren Mittelpunkte dahin fallen, wo die durch den Kreuzungspunkt des Auges nach jenen Punkten gezogenen Sehstrahlen die Netzhaut treffen. Beträgt der von diesen gebildete Winkel, d. h. die scheinbare gegenseitige Entfernung der beiden Lichtpunkte weniger als $2 \cdot 36{,}43''$, so werden ihre Lichtscheibchen sich theilweise decken, ja wenn die scheinbare Distanz kleiner als $36{,}43''$, ist, wird sich das directe Licht mit dem gebeugten des anderen vermischen und eine deutliche Unterscheidung der-

[1] Lommel, Die Fraunhofer'schen Beugungserscheinungen u. s. w. Schlömilch's *Zeitschrift f. Mathematik und Physik.* XIV. Jahrgang. 1869. S. 29.



selben wird nicht mehr möglich sein. Aus demselben Grunde wird ein Gegenstand, der unter einem Sehwinkel kleiner als 36,43″ erscheint, nicht mehr deutlich gesehen.[1]

Wie die Pupille des Auges wird auch die Objectivöffnung eines Fernrohrs Beugungserscheinungen verursachen. Auch hier muss, damit die Lichtscheibchen nicht zusammenfliessen, mindestens

$$\varphi = \frac{1{,}2\,\lambda}{d}$$

sein, wo d den Durchmesser des Objectivs bezeichnet.

Man sieht daraus, dass durch die hier erörterte „Abweichung wegen der Beugung" der Vervollkommnung der dioptrischen Fernröhre eine nicht leicht zu übersteigende Grenze gezogen ist."

Ausser dieser Lommel'schen Notiz findet sich eine zweite mathematische Erwägung über den Einfluss der Beugung auf die Bilderzeugung in einer Abhandlung von Helmholtz,[2] worin derselbe die durch die Beugung gesetzte Grenze der Wahrnehmung für das Mikroskop nicht wie Lommel durch den Winkel ψ und aus dem Durchmesser des Objectivs, sondern direct und aus dem Oeffnungswinkel desselben bestimmt. Er nimmt zunächst nicht wie Lommel $\sin\psi = \frac{1{,}2\,\lambda}{d}$, sondern setzt $\sin\psi = \frac{\lambda}{d}$, um damit die äusserste Grenze der Unterscheidbarkeit auch bei kreisförmigen Oeffnungen auszudrücken. Nennt man die kleinste in dem vom Mikroskopobjectiv erzeugten Bilde darstellbare Distanz, welche dem Winkel ψ entspricht, d und den halben Winkel an der Spitze der im Bilde wirksamen Strahlenkegel α, so ist nach bekanntem Gesetz, da $\sin\psi = \frac{\lambda}{d}$ gesetzt wird

$$\delta = \tfrac{1}{2}\,\frac{\lambda}{\alpha} \quad \text{(S. 582)},$$

wenn α sehr klein genommen wird. Nennt man nun die der Grösse δ entsprechende Objectgrösse ε und den halben Oeffnungswinkel des Objectivs α', so ist gemäss einem Gesetze von Lagrange

$$\delta \cdot \sin\alpha = \varepsilon \cdot \sin\alpha' \quad \text{(Gl. 7, S. 566)},$$

oder, da α sehr klein ist,

$$\delta \cdot \alpha = \varepsilon \cdot \sin\alpha';$$

---

[1] Eine ähnliche Erwägung findet sich in der *Physiologischen Optik* von Helmholtz, S. 144.

[2] Helmholtz, Die theoretische Grenze für die Leistungsfähigkeit der Mikroskope. Poggendorff's *Annalen*. Jubelbd. 1874.

da aber $\delta = \frac{1}{2}\frac{\lambda}{\alpha}$ war, so ist hiernach

$$\varepsilon = \frac{\lambda}{2 \cdot \sin \alpha'}.$$

Da ferner das Ocular dem vom Objectiv gelieferten Bilde nichts hinzuzufügen vermag, so ist ε überhaupt die kleinste Distanz, welche durch ein Mikroskop aufgelöst werden kann, und diese Distanz beträgt im günstigsten Falle $\frac{\lambda}{2}$.

Eine eingehendere Prüfung des Einflusses der Beugung auf die Bilderzeugung hat bisher nicht stattgefunden; insbesondere fehlt es an jedem experimentellen Material, welches uns darüber Aufschluss geben könnte, inwieweit dann die Beugung gegenüber den anderen Aberrationen an der Qualität unserer Bilder Antheil nimmt. Hätten wir nur vollkommene Objective, dann wäre es hinreichend, den Winkel ψ zu kennen, um die Grösse des Einflusses der Beugung dadurch auszudrücken. Nun können wir aber niemals vollkommene Objective erhalten, und fragt es sich, ob denn die meist sehr kleinen Zerstreuungskreise der Beugung neben denen der sphärischen und chromatischen Aberration überhaupt einen nennenswerthen Einfluss ausüben. Bei engen Oeffnungen hatte man sich wohl von dem Vorhandensein des Beugungseinflusses überzeugt; man wusste es, dass wenn man vor die Pupille eine enge Oeffnung bringt, die Gegenstände aus Gründen der Beugung undeutlicher werden; man hat ferner angenommen, dass beim Mikroskop die sehr engen Strahlenkegel, welche von den sehr starken Vergrösserungen geliefert werden, die Güte des Bildes vermindern und Helmholtz hat darauf hin die Grenzen der mikroskopischen Wahrnehmung berechnet. Ob aber ausser diesen extremen Fällen die Beugung einen Einfluss auf die Bilderzeugung ausübt, dass wusste man nicht; bei irgend erheblicher Grösse der Oeffnungen werden die Zerstreuungskreise der Beugung ausserordentlich klein, und fragt es sich, ob da bei unseren nie vollkommen corrigirten Objectiven der Beugung gegenüber der sphärischen und chromatischen Aberration eine Bedeutung zukommt.

Diese Frage habe ich zunächst so zu lösen mich bemüht, dass ich an allen mir zu Gebote stehenden Instrumenten und Bildern durch directen Versuch die Grösse des Beugungseinflusses auf die kleinste im Bilde darstellbare Distanz gegenüber den anderen Aberrationen festzustellen suchte. Und zwar ermittelte ich zunächst durch directen Versuch, welche Distanz sich mit einem Objectiv noch darstellen liess; entsprach diese Distanz dem Winkel ψ, so war der Einfluss der sphärischen und chromatischen Aberration auf die Grösse dieser Distanz gleich Null; war diese Distanz grösser, so entsprach das Plus dem Antheil, welchen sphärische und chromatische Aberration an der Grösse derselben hatten.

Ich kam so zu dem merkwürdigen Resultat, dass überall, sowohl von den guten, als auch von den mangelhaft corrigirten Objectiven die Grösse ψ annähernd erreicht wird, und dass daher auf allen Gebieten der Bilderzeugung die sphärische und chromatische Aberration gegenüber den Zerstreuungskreisen der Beugung nur einen geringen Antheil an der Abbildung der Bilddetails haben.

Dieses Ergebniss ist interessant genug, um es einer näheren Erörterung werth erscheinen zu lassen.

Die Grundlage, von der wir auszugehen haben, ist jene von Lommel und Helmholtz constatirte Thatsache, dass wegen der Beugung in keinem Bilde eine kleinere Distanz dargestellt und in keinem Objecte eine kleinere Distanz aufgelöst werden kann, als eine solche, die der Winkelgrösse ψ entspricht, selbst wenn das übrigens beliebige Instrument in jeder Beziehung vollkommen sein sollte.

Wir wollen es versuchen, an der Hand eines einfachen Experiments uns den Vorgang zu demonstriren, unter welchem sich jene Wirkung der Zerstreuungskreise der Beugung auf die Grösse der kleinsten darstellbaren Distanz abspielt.

Zur Ausführung des Versuches bedienen wir uns des Mikroskops mit einem schwachen Objectiv. Dieses Instrument bietet vor dem zur Ausführung von messbaren Beugungsversuchen gewöhnlich benutzten Fernrohr den Vortheil ausserordentlicher Bequemlichkeit, und wenn auch der kürzere Bildabstand dabei dem Fernrohr gegenüber ein Nachtheil ist, so lässt sich dieser Nachtheil leicht ausgleichen und wird jedenfalls durch die grosse Bequemlichkeit und Präcision in der Handhabung reichlich aufgewogen. Wir stellen bei durchfallendem Licht mit einem Objectiv I von Leitz und bei ausgezogenem Tubus auf ein System von parallelen Linien mit $0 \cdot 2^{\text{mm}}$ Abstand ein, welche in eine undurchsichtige Silberschicht gezogen sind und welche gegenüber der Breite ihrer Zwischenräume sehr fein sind. Bringt man nun dicht hinter dem Objectiv und parallel zum Verlauf jener Linien einen durch Mikrometerschraube regulirbaren Spalt an und verengert denselben mehr und mehr, so sieht man das Bild der Linien Veränderungen eingehen, welche wir in vier Stadien theilen wollen:

Erstes Stadium: Feine helle Linien mit breiten dunkeln Zwischenräumen.

Zweites Stadium: Verbreiterung der hellen Linien, Verschmälerung der dunkeln Zwischenräume.[1]

[1] Im zweiten Stadium beobachteten wir neben der Verbreiterung der hellen Linien noch das Auftreten von linearen Spectren in den dunklen Zwischenräumen, deren Zahl

Drittes Stadium: Feine dunkle Linien mit breiten hellen Zwischenräumen.

Viertes Stadium: Allmähliches Hellerwerden der dunkeln Linien, so dass schliesslich eine gleichmässig erhellte Fläche übrig bleibt, und die Linien ganz verschwinden.

Die drei ersten Stadien sind für Jeden, welcher die Gesetze der Beugung nur oberflächlich kennt, leicht zu verstehen. Die helle Mitte der Beugungsfigur muss breiter werden, je mehr man den Spalt verengert, und auch die dunkeln Zwischenräume werden dann um so schmäler, bis dieselben zuletzt eine lineare Gestalt annehmen. In diesem Moment sind die Mittelpunkte der Beugungsfiguren um den doppelten Radius von einander entfernt, und haben daher die Beugungsfiguren nur ein dunkles Minimum, in unserem Falle eine dunkle Linie zwischen sich.

Dass wir im vierten Stadium ein allmählich heller werdendes lineares Minimum beibehalten, scheint mir daraus hervorzugehen, dass die Intensitätsabnahme innerhalb der hellen Beugungsfigur von der Mitte nach dem ersten Minimum hin nicht in Form einer geraden Linie, sondern, wie bekannt, in Form einer Curve erfolgt.

Die Linien von $0 \cdot 2^{mm}$ Abstand geben mit meinem Objectiv eingestellt im Ocularbild (Rasmden'sches Ocular) gemessen eine Distanz von $1 \cdot 05^{mm}$. Im Moment des Verschwindens der Linie zeigt der Spalt eine Breite von $0 \cdot 094^{mm}$. Bei einem Bildabstande von 170^{mm} die kleinste wegen der Beugung darstellbare Distanz berechnet, giebt, wenn $\lambda = 0 \cdot 55 \mu$ gesetzt wird, einen Werth von $0 \cdot 995^{mm}$, was dem durch den Versuch gefundenen Werth sehr nahe kommt.

Wir haben bei dieser Bestimmung der kleinsten in einem Bilde darstellbaren Distanz nur den Fall in Erwägung gezogen, dass es sich um feine helle Linien auf dunklem Grunde handele. Auch in anderen Fällen ist das Resultat dasselbe, und können wir uns leicht davon überzeugen, wenn wir in dem angeführten Versuche die Breite der hellen Linien im Verhältniss zu den dunkeln Zwischenräumen beliebig wechseln.

Ebenso ist es gleichgültig, ob wir bei den Linien und ihren Zwischenräumen den völligen Gegensatz zwischen hell und dunkel oder einen geringeren Unterschied in der Helligkeit wählen. Der Vorgang des völligen Verschwindens der Linien wird dadurch zarter; doch wenn der Unterschied nicht gar zu gering ist, so lässt sich dieser Vorgang doch mit derselben Präcision verfolgen, und tritt der Ausgleich der Intensität jedenfalls in demselben Moment ein, wie bei dem völligen Gegensatz.

---

abnimmt, deren Breite zunimmt, und die uns wegen ihrer geringen Intensität unwichtig sind.

Ebenso ist es gleichgültig, ob wir es im Objecte mit Linien oder anderen Details zu thun haben. Nehmen wir z. B. statt der Linien Punkte, die in einer zum Spalt senkrechten Linie gelagert sind, so bilden dieselben in einem bestimmten Moment der Spaltverengerung als helle Punkte auf dunklem Grunde eine helle Linie und als dunkele Punkte auf hellem Grunde eine dunkele Linie; auch hier ist der Abstand der Punkte im Bilde so, dass er dem im Moment des Verschwindens berechneten Winkel ψ annähernd entspricht.

So haben wir in dieser einfachen Spaltvorrichtung ein bequemes Mittel, um die Wirkung der Zerstreuungskreise der Beugung auf die Bilderzeugung in allen Einzelheiten uns zugänglich zu machen. Und diese Phasen und Uebergänge sind nicht etwa nur ein interessantes Spiel, das wir unserem Auge bieten, sondern wir vermögen dieselben mit Hülfe einfacher mathematischer Regeln und einfacher Messungen allseitig auf das Sicherste zu beherrschen und so jeden Effect, jede Veränderung zu definiren.

Man gelangt durch das Studium dieser Vorgänge bald zu einer wesentlichen Klarheit und Sicherheit der Vorstellung und kann alsdann leicht die hier gemachten Erfahrungen auf alle Gebiete der Bilderzeugung übertragen. Das, was wir bei unserem Versuch im Groben verfolgt haben, finden wir überall in kleinerem Maassstabe wieder. Wenn wir zur Betrachtung der zu prüfenden Bilder die geeigneten Vergrösserungen anwenden, so genügen überall einfache mathematische Regeln und einfache Messungen, um die Wirkungen der Beugung überall hin zu verfolgen.

Es hat sich für unsere nachfolgenden Erwägungen als bequemer herausgestellt, wenn wir die kleinste in einem Bilde darstellbare Distanz nicht wie Lommel durch die Winkelgrösse ψ umschreiben, sondern, wie Helmholtz es gethan hat, direct und mit Hülfe des Winkels an der Spitze derjenigen Strahlenkegel ausdrücken, welche ein Bild erzeugen. Helmholtz hat sich begnügt, diese Umsetzung für den Fall auszuführen, wo wir es im Bilde mit sehr engen Strahlenkegeln zu thun haben, wie sie die starken Vergrösserungen des Mikroskops liefern. Da wir nun den Einfluss der Beugung in allen Fällen untersuchen wollen, so sind wir genöthigt, diese Umsetzung für jede beliebige Weite jener Strahlenkegel auszuführen. Wir wollen den Winkel an der Spitze der ein Bild erzeugenden Strahlenkegel den Projectionswinkel nennen und seine halbe Grösse mit Helmholtz durch α ausdrücken. Bezeichnen wir ausserdem den Durchmesser des Objectivs mit d, den Bildabstand mit D, die kleinste im Bilde darstellbare Distanz mit δ und deren Winkelgrösse mit ψ, und setzen wir mit Helmholtz für die äusserste Grenze

$$\sin \psi = \frac{\lambda}{d}.$$

so ist, da d in allen in Betracht kommenden Fällen weit grösser als λ ist, und sin ψ daher nur einen geringen Werth repräsentirt, auch

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\lambda}{d}.$$

Ferner ist
$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\delta}{D},$$

daher
$$\delta = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{2D}{d},$$

oder
$$\delta = \frac{\lambda}{2} \cdot \operatorname{ctg} \alpha.$$

Die allein wegen der Beugung kleinste in einem Bilde darstellbare Distanz ist daher gleich dem Product aus der halben Wellenlänge des Lichtes und der Cotangente des halben Projectionswinkels.

Daraus folgt, dass allein wegen der Beugung die kleinste in einem Bilde darstellbare Distanz zwischen den grössten Extremen wechseln kann, da wir dem Projectionswinkel eine jede Grösse zwischen 0 und 180 Grad geben können, seine Cotangente also zwischen Null und Unendlichkeit liegt.

Wir können uns, indem wir nur die Weite des Projectionswinkels in Betracht ziehen, von allen Einzelheiten, die durch die Construction eines optischen Instruments bedingt sind, unabhängig machen. Die Form eines Strahlenkegels an sich bedingt allein die Grösse der Beugungsaberration, und nicht etwa die Breite der Objectivöffnung. Haben wir z. B. einen Strahlenkegel von bestimmter Formation, so ist es ganz gleich, ob wir uns das Objectiv nahe dem Bilde oder entfernt von demselben denken; die Breite der Objectivöffnung wechselt dabei, jedoch nicht die Grösse des Projectionswinkels, und die Grösse der Beugungsaberration bleibt dieselbe, ob wir uns dabei ein Objectiv von 10 oder $^1/_{10}$ Zoll Durchmesser denken. Wir thun daher gut, wenn wir von der Objectivöffnung überhaupt abstrahiren denn nicht diese ist der wirksame Factor, sondern einzig und allein die Form des Strahlenkegels selbst. So meint Lommel (a. a. O. S. 30 Z. 18), dass beim Fernrohr der Radius der Zerstreuungskreise der Beugung im Verhältniss vom Durchmesser des Objectivs und der Pupille kleiner sei, als beim Auge; dieses ist nicht richtig; beim Fernrohr ist dieser Radius grösser, weil trotz des grösseren Objectivdurchmessers der Projectionswinkel, wie wir sehen werden, kleiner ist, als beim Auge.

Ob wir es bei Erzeugung eines Bildes mit brechenden oder reflectirenden Medien zu thun haben, macht für den Beugungseinfluss keinen Unterschied; denn die Form der Strahlenkegel bestimmt die Grösse dieses Einflusses, nicht die Art der Medien. Ebenso ist es durchaus gleichgültig, ob die ein

Bild erzeugenden Strahlenkegel den Rand eines Objectivs berühren; wir wollen dieses um so mehr hervorheben, als bei Einzelnen die Anschauung vorhanden zu sein scheint, dass der Rand einer Oeffnung die Beugungswirkungen ausübe. Dieses ist nicht der Fall, sondern die Form der Strahlenkegel allein bedingt die Grösse des Beugungseinflusses in allen Fällen, wie aus den Gesetzen der Undulationstheorie gefolgert werden muss.

So finden wir denn auch in allen Bildern, die wir erzeugen, je nach der Grösse des Projectionswinkels eine ununterbrochene Reihe von Qualitäten; je weiter die Strahlenkegel, desto kleiner die Zerstreuungskreise der Beugung, desto besser das Bild, und umgekehrt. Und dieser Unterschied in der Qualität der Bilder liegt nicht etwa innerhalb enger Grenzen, sondern er variirt in ausgedehntester Weise. Wir werden sehen, dass wir unsere Ansprüche an die Qualität eines Bildes genau in dem Grade steigern müssen, als die ein Bild erzeugenden Strahlenkegel in ihrer Weite von 0 bis 180 Grad zunehmen.

Während es uns z. B. mit Leichtigkeit gelingt in der vorderen Brennweite unserer Mikroskopobjective mit grossem Oeffnungswinkel Distanzen von $^1/_2{}^\mu$ und darunter abzubilden, gelingt es uns mit demselben Objective im gewöhnlichen mikroskopischen Bilde vielleicht nur Distanzen von 50^μ darzustellen.

Um nun durch directen Versuch die kleinste in einem Bilde darstellbare Distanz ermitteln und mit der berechneten Grösse von δ vergleichen zu können, können wir in zweierlei Weise vorgehen. Entweder wir nehmen, wie in dem angeführten Versuche mit Spaltvorrichtung, eine bestimmte Distanz im Bilde und verkleinern die Breite der Objectivöffnung bis zum Moment des Verschwindens, oder wir nehmen eine bestimmte Breite der Objectivöffnung und verringern die Distanz der Linien bis zum Moment des Aufhörens der Unterscheidbarkeit. Wir haben in unserm angeführten Versuch es nur mit sehr kleinen Projectionswinkeln zu thun gehabt und darum als kleinste darstellbare Distanz einen erheblichen Werth erhalten. Das ändert sich, sobald wir, wie es bei den meisten Instrumenten der Fall ist, es mit erheblich grösseren Projectionswinkeln zu thun haben. Die kleinste im Bilde darstellbare Distanz bildet dann mehr oder weniger geringe Werthe, und um diese bequem sehen und messen zu können, müssen wir meistens Mikroskopvergrösserungen zu Hülfe nehmen.

Hierbei zeigt es sich nun, dass für die absolut genaue Bestimmung der mit einem Objective darstellbaren kleinsten Distanzen durch directen Versuch eine Fehlerquelle vorhanden ist. Wenn wir mit einem bestimmten Projectionswinkel eine kleinste Distanz abbilden und diesen selben Winkel, wie es ja bei der Betrachtung des Bildes mit dem Mikroskop der Fall ist,

gleichzeitig als Oeffnungswinkel für die nochmalige Abbildung benutzen, so müssen wir hierdurch einen Verlust erleiden. Während nämlich die kleinste abbildbare Distanz gleich $\frac{\lambda}{2}$ ctg α ist, beträgt die kleinste auflösbare Distanz nach der Berechnung von Helmholtz $\frac{\lambda}{2}$ cosec α', wo α' der halbe Oeffnungswinkel ist und wir cosec α' statt $\frac{1}{\sin\,\alpha'}$ setzen. Bei mässiger Grösse des abbildenden und zugleich auflösenden Winkels ist der Verlust, wie aus dem Vergleich der Cotangente und der Cosecante hervorgeht, nur ein geringer. Haben wir es jedoch mit sehr grossen Projectionswinkeln zu thun, so ist der Verlust bedeutend.

Bei einem Projectionswinkel von 90 Grad z. B. beträgt allein aus der Beugungsaberration berechnet, die kleinste abbildbare Distanz $\frac{\lambda}{2}$, während wir mit demselben Oeffnungswinkel nur $\frac{\lambda}{2}\sqrt{2}$ auflösen können; um jene Grösse aufzulösen, brauchten wir zunächst einen Oeffnungswinkel von 180 Grad. Kleinste Distanzen, welche einem grösseren Projectionswinkel als 90 Grad entsprechen, können wir daher überhaupt nicht auflösen und unserem Auge zugänglich machen.

Während es also bei kleinem und mässigem Projectionswinkel leicht gelingt, in dem davon abhängigen Bilde auf die erwähnte Art annähernd genau zu bestimmen, welchen Antheil die Beugungsaberration gegenüber den anderen Aberrationen an der Qualität des Bildes hat, wird dieses bei sehr grossem Projectionswinkel schwierig oder unmöglich. Glücklicherweise sind die Fälle, wo wir so bedeutende Projectionswinkel zur Bilderzeugung brauchen, sehr selten und ohne praktischen Werth.

So kommt dieser Umstand bei der directen Prüfung des Auges selbst gar nicht in Betracht, weil ja das primäre Bild unmittelbar von der Retina aufgenommen wird. Entwerfen wir mit dem Objectiv eines Fernrohrs oder eines Mikroskops das Bild einer kleinsten Distanz und betrachten dieses Bild durch ein Ocular oder ein Mikroskop, so werden wir durch diese nochmalige Abbildung allerdings einen Verlust erleiden, der jedoch bei der für Fernrohr und Mikroskop gebräuchlichen Grösse des Projectionswinkels nur sehr gering sein wird; beim Fernrohr haben wir, wie wir sehen werden, sowohl bei den grossen wie bei den kleinen Instrumenten durchschnittlich 5 Grad Projectionswinkel, beim Mikroskop noch weniger; die Cotangente und Cosecante sind hier annähernd gleich. Wir werden daher annehmen können, dass die kleinste Distanz in dem vom Objectiv direct entworfenen Bilde durch das Ocular oder statt dessen durch ein Mikroskop richtig gesehen und gemessen werden kann. Wir werden daher bei den späteren

Versuchen mit Fernrohr und Mikroskop, wie schon in dem angeführten Falle geschehen ist, das vom Objectiv direct entworfene Bild in Betracht ziehen und messen. Auch bei der Camera haben die Apparate nur solche Projectionswinkel, dass Cotangente und Cosecante sich sehr nähern.

Wir sind daher im Stande auf allen Gebieten der Bilderzeugung genau oder annähernd genau zu bestimmen, welchen Einfluss die Beugungsaberration gegenüber den anderen Aberrationen auf die Grösse der mit einem Objectiv noch darstellbaren kleinsten Distanz hat.

Für die Darstellung der kleinsten Distanz im Bilde gebrauchte ich als Object meist, wie in dem angeführten Mikroskopversuch, helle Linien, welche in eine undurchsichtige Schicht gezogen waren und die gegen eine helle Gasflamme gehalten wurden. Von diesen Linien entwarf ich vermittelst des zu prüfenden Objectivs ein Luftbild und betrachtete dasselbe mit einer angemessenen Vergrösserung. Wenn ich nun den Abstand der Linien allmählig geringer machte, so musste dann selbst bei vollkommenen Objectiven unserem angeführten Mikroskopexperimente entsprechend eine Grenze kommen, wo die Intensitätsgrössen sich vollständig ausglichen, d. h. die Linien ununterscheidbar wurden. Zur Beobachtung dieses Vorgangs bis zum Moment des Verschwindens der Linien benutzte ich stets solche Vergrösserungen, (Ocular oder Mikroskop), dass der Abstand der Linien auf der Retina nicht das mindeste Hinderniss für deren deutliche Sichtbarkeit abgeben konnte. Bei der directen Prüfung des Auges selbst ist dieses allerdings nicht anwendbar und daher hier die Prüfung erschwert. Die Verkleinerung des Abstandes der Linien bewirkte ich dadurch, dass ich entweder allmählig feinere Liniensysteme einsetzte, oder die Linienplatte in einen allmählig kleineren Winkel zur optischen Achse stellte, oder die Entfernung der Linienplatte vergrösserte. Beim Auge, dem Fernrohr und der Camera reichte ich hiermit aus, beim Mikroskop nicht. Hier habe ich das Bild zunächst mit einem erprobten Mikroskopobjectiv in der vorderen Brennweite desselben entworfen, dessen Oeffnung mindestens ebenso gross war, wie die des zu prüfenden Objectivs, und das entstehende Luftbild als Object für das zu prüfende Mikroskopobjectiv benutzt; ein starkes Ocular reicht dann hin, um das von letzterem entworfene Bild der Retina zugänglich zu machen. Es ist natürlich, dass die optischen Hülfsmittel, deren wir uns zu solchen Versuchen bedienen, erprobte sein müssen. Wie weit der Verlust durch die Differenz der Cotangente und Cosecante ein Hinderniss für die Genauigkeit dieser Versuche bildet, das haben wir bereits in Erwägung gezogen, und als Resultat dieser Erwägung gefunden, dass wir im Stande sind, auf allen Gebieten der Bilderzeugung (Auge, Fernrohr, Camera, Mikroskop) genau oder annähernd genau die mit einem Objectiv noch darstellbare kleinste Distanz durch directen Versuch zu bestimmen.

Eine weitere Fehlerquelle für diese Versuche könnte darin liegen, dass jene als Object benutzten Linien neben dem durchfallenden Licht der Gasflamme noch durch Beugung getrennte Lichtbündel unserem zu prüfenden Objective zusenden, und so die Möglichkeit von Interferenzbildern gegeben wäre, welche die Zuverlässigkeit der Resultate in Frage stellen könnten. Diese Fehlerquelle lässt sich leicht dadurch ausschliessen, dass wir entsprechend dem Abstand jener Objectlinien von einander die Breite der Gasflamme und ihre Annäherung an die Linien so wählen, das alles directe und gebeugte Licht, welches das zu prüfende Objectiv trifft, zusammenfällt, und so in einem Sinne wirkt; wir haben dann einem jeden Objectivpunkt entsprechend nur einen im Bilde wirksamen Strahlenkegel. Weitere Cautelen beziehen sich auf das Centriren der zum Versuch benutzten optischen Medien u. s. w. Wir werden bei der Besprechung der verschiedenen optischen Instrumente jedesmal einen oder ein Paar Versuche dieser Art beschreiben.

Wir müssen, um den Moment des Verschwindens der Linien möglichst genau festzustellen, wie aus dem angeführten Mikroskopexperiment hervorgeht, bis an die Grenzen der Helligkeitsunterschiede gehen. Dieses ist durchaus nicht so schwierig, wie es auf den ersten Blick scheinen könnte. Der directe Gegensatz der Frage, die wir an unser beobachtendes Auge richten, ob wir etwas sehen oder nicht sehen, lässt bei Anwendung geeigneter Vergrösserungen ein Schwanken nur innerhalb enger Grenzen zu. Die Retina ist gegen geringe Helligkeitsunterschiede ausserordentlich empfindlich, wenn ihr dieselben innerhalb eines genügenden Raumes geboten werden, und sorgt man dafür, dass die Verkleinerung der Liniendistanzen bequem vor sich geht, so kann man durch wiederholtes Versuchen die Grenze des Unterscheidens und Nichtunterscheidens mit einer erheblichen Präcision feststellen. Wir werden diese Grenze nie vollständig erreichen können, werden uns ihr aber sehr nähern.

Auf diesem Wege lässt sich nun überall beim Auge, dem Fernrohr, der Camera, dem Mikroskop der Nachweis führen, dass die Grösse δ oder der Winkel ψ überall annähernd erreicht wird, und nicht nur von den besten Instrumenten, sondern auch bei mangelhafter Correction und trotz erheblicher Grösse der Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Abweichung.

Die Zerstreungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration und ihre Beziehungen zu denen der Beugung.

Es fragte sich nun, wie diese merkwürdige Thatsache zu erklären war. Sie zwang mich, nicht nur die Wirkungen der Zerstreungskreise der Beugung allein, sondern auch das gemeinsame Wirken der Zerstreuungskreise der Beugung, der sphärischen uud chromatischen Aberration in Betracht zu ziehen und so den gesammten Process, der sich bei Erzeugung eines Bildes abspielt, zu analysiren.

Sowie in Bezug auf die Zerstreuungskreise der Beugung, so ist man auch betreffs der Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration bisher kaum weiter gekommen, als dass man ihre Existenz in den Bildern annahm und von ihnen sagte, dass sie das Bild verschlechtern. Während viele und ausgezeichnete Kräfte sich bemüht haben, die Theorie des Lichtes immer weiter und vollständiger auszubauen, hat man die Theorie des Bildes in hohem Grade vernachlässigt. Diese Theorie des Bildes ist es, die zu erörtern wir uns zur Aufgabe gemacht haben.

Wir sind gewohnt, die Qualität eines Bildes von zwei Gesichtspunkten aus zu beurtheilen; nämlich erstens, wie feine Details sich in einem Bilde darbieten, und zweitens, mit welcher Schärfe der Begrenzung die einzelnen Bildtheile erscheinen; wir sprechen demgemäss von einer penetrirenden und einer definirenden Kraft. Herschel, der zuerst den Ausdruck Penetration beim Fernrohr angewendet hat, verstand darunter, wie es scheint, das Vermögen der Fernröhre, lichtschwache Objecte dem Auge zugänglich zu machen; es ist nicht ganz klar, ob er auch damit das Vermögen verknüpfte, seine Details aufzulösen. Goring führte jene genannte Unterscheidung der beiden Kräfte in bestimmter Weise ein und machte die Penetration abhängig von der Grösse der Oeffnung, die Definition der Bilder abhängig von der Güte der Correction. Dieses schöpfte er aus der durch die Erfahrung schon damals erwiesenen Thatsache, dass Mikroskope mit grosser Oeffnung feinere Details zeigen, als solche mit kleiner Oeffnung, diese aber wegen ihrer leichteren Correction häufig bessere Begrenzung haben. Man hat seitdem vielfach versucht, eine theoretische Erklärung für diese Ursachen der penetrirenden und definirenden Kraft zu geben, doch sind alle diese Versuche deshalb gescheitert, weil man wenigstens die Ursachen der penetrirenden Kraft überall suchte, nur nicht in den Zerstreuungskreisen der Bilder.

Nach den bisherigen Theorien sollte die penetrirende Kraft der Bilder von der Lichtstärke oder von gewissen Beleuchtungsarten oder von der Interferenzwirkung isolirter im Bilde zusammenwirkender Strahlenkegel u. s. w.



abhängen. Wir kommen auf alle diese Theorien später noch näher zu sprechen, um das Richtige daran hervorzuheben und zu stützen, das Falsche jedoch zu widerlegen.

Bei einer eingehenderen Prüfung der bei der Bilderzeugung sich abspielenden Vorgänge erweist es sich nun, dass sowohl die penetrirende, als auch die definirende Kraft der Bilder abhängig ist von den in den Bildern wirksamen Zerstreuungskreisen, also von den Zerstreuungskreisen der Beugung, der sphärischen und chromatischen Aberration. Das Zusammenwirken derselben in dem Bilde ist allerdings ein eigenthümliches und diese Eigenthümlichkeiten sind es, denen wir jetzt unsere Aufmerksamkeit zuwenden wollen.

Nehmen wir zunächst an, dass wir es mit vollkommen corrigirten Objectiven zu thun hätten, so ist es klar, dass bei diesen nur die Zerstreuungskreise der Beugung wirksam sind; diese werden allein die Qualität der Bilder beeinflussen. Wie dieses bei der Abbildung feiner Details geschieht, das haben wir bei unserem früher angeführten Mikroskopexperimente bereits demonstrirt. Ebenso müsste aber auch die Grösse dieser Zerstreuungskreise die definirende Kraft beeinflussen. Denn wenn wir in einem Bilde die linearen Grenzen zwischen hell und dunkel darstellen wollen, und es treten darin Zerstreuungskreise irgend einer Art in Wirkung, dann werden wir statt der linearen Grenzen einen allmähligen Uebergang erhalten, dessen Breite mit der Grösse der Zerstreuungskreise zunehmen muss. Und wie bei der Abbildung feiner Details, so wird auch hier nicht nur die Grösse der Zerstreuungskreise, sondern auch die Vertheilung der Helligkeit innerhalb derselben von Bedeutung sein.

Hätten wir es also in unseren Bildern nur mit den Zerstreuungskreisen der Beugung zu thun, so wäre die Erklärung der penetrirenden und definirenden Kraft eine sehr einfache. Beide würden mit der Grösse des Projectionswinkels zu- und abnehmen und, da die Grösse des Projectionswinkels von der Grösse der Oeffnung eines Objectivs direct abhängt, so wüssten wir denn auch, warum, wie die Erfahrung es gelehrt und Goring es hervorgehoben hat, die Penetration mit der grösseren Oeffnung zunimmt. Auch die Definition müsste in gleicher Weise besser werden, eine eigentliche Trennung beider Kräfte wäre nicht durchführbar; sie müsste in jedem Bilde in gleichem Sinne auftreten, je bessere Definition ein Bild besässe, ebensoviel grösser müsste auch die penetrirende Kraft sein und umgekehrt. Nun zeigen aber viele Bilder dieses enge Zusammengehen der penetrirenden und definirenden Kraft nicht, ein Umstand, welcher gerade zu ihrer Trennung und zu der Annahme geführt hat, dass beide Kräfte in einem Gegensatze zu einander stehen.

Im Ganzen können wir in Bezug hierauf drei Arten von Bildern unter-

scheiden, nämlich erstens Bilder, welche tüchtige Penetration und tüchtige Definition zeigen; zweitens Bilder mit guter Penetration und schlechter Definition; drittens solche mit guter Definition und schlechter Penetration. Die erste Gattung Bilder erhalten wir durch gut corrigirte Objective von grosser Oeffnung, die zweite Gattung durch mangelhaft corrigirte Objective von grosser Oeffnung, die dritte durch gut corrigirte Objective mit kleiner Oeffnung.

Um nun in allen Fällen sowohl die penetrirende als auch die definirende Kraft der Bilder von den in denselben wirksamen Zerstreuungskreisen ableiten zu können, müssen wir vor Allem die Zerstreuungskreise der sphärischen Aberration einer näheren Betrachtung unterziehen.

In der beigegebenen Figur (vgl. Taf. V) sei *AB* der Durchmesser eines Zerstreuungskreises der sphärischen Aberration, welcher dem in der Hauptbrennweite [1] eines untercorrigirten Objectivs von einem leuchtenden Punkte entworfenen Bilde entspricht, *KC* sei der Mittelstrahl, *MA* und *HB* die äussersten Randstrahlen; *JE* sei derjenige Strahl, welcher *MA* am weitesten vom Mittelstrahl in *F* trifft, und *LD* derjenige Strahl, welcher *HB* am weitesten vom Mittelstrahl in *G* trifft.

Betrachten wir zunächst den in der Hauptbrennweite entstehenden Zerstreuungskreis *AB*. Wir bedienen uns zu diesem Zwecke einer planconvexen Crownglaslinse von 12^{mm} Durchmesser und 45^{mm} Brennweite, vermittelst deren wir, die plane Fläche dem Object zugekehrt, von einem nicht zu nahen Lichtpunkte ein Bild entwerfen. Dieses Bild betrachten wir bei etwa 60maliger Mikroskopvergrösserung. Um zunächst die Ebene *AB* genau ihrer Lage nach zu bestimmen, blenden wir die Linse bis auf einen kleinen Mitteltheil ab, und entwerfen mit diesem das Bild eines in gleicher Entfernung mit dem Lichtpunkte sich befindenden grösseren Gegenstandes. Wir sind dann sicher, das Mikroskop auf die Ebene *AB* eingestellt zu haben. Bringen wir nun an Stelle des Gegenstandes den leuchtenden Punkt und entfernen die Blende, so sehen wir folgende Erscheinung: Wir sehen eine schwachleuchtende, ziemlich gleichmässig erhellte Kreisscheibe, die einen grossen Theil des Gesichtsfeldes des Mikroskops einnimmt, und die in ihrer Mitte, also am Orte von *C* eine punktförmige Lichthäufung zeigt, die sich durch ihre erhebliche Intensität von der weit lichtschwächeren Umgebung scharf abhebt. Bei Anwendung starker Oculare bekommt diese punktförmige Lichtanhäufung eine als minimales Lichtscheibchen erkenn-

[1] Unter Hauptbrennweite verstehe ich hier nicht sowohl die Vereinigungsweite parallel einfallender Strahlen, als vielmehr diejenige, in der sich die der Axe zunächst liegenden Strahlen vereinigen, zum Unterschiede von denjenigen Ebenen, in denen die den Randtheilen eines Objectivs näheren Strahlen sich zusammen treffen.



bare Grösse und um dasselbe herum werden ein Paar feine Lichtringe erkennbar.

Wir haben also in dem Zerstreuungskreise *AB* zwei wesentlich verschiedene Elemente, die wir strikte von einander trennen müssen; nämlich den Lichtpunkt *C* und die lichtschwache Umgebung *AB*. Wie der Lichtpunkt *C* entsteht, ist leicht einzusehen. In *C* allein treffen eine grössere Anzahl convergenter Strahlen, die dem Mittelstrahl zunächst liegen, zusammen; in allen übrigen Theilen von *AB* treffen nur divergente Strahlen auf. Auch wegen der chromatischen Aberration bleibt die Lichtanhäufung in *C* thatsächlich eine punktförmige. Die chromatische Aberration zerlegt jeden den Punkt *C* und die Ebene *AB* treffenden Lichtstrahl in ein lineares Spectrum, dessen Richtung mit einer der von *C* ausgehenden Radien zusammenfällt. Diejenigen Strahlen, welche in *C* zusammentreffen, werden, weil sie keine sphärische Abweichung haben und dem Mittelstrahl am nächsten sind, auch chromatisch nur geringe Zerstreuung zeigen. Doch auch diese geringe Zerstreuung wird für den Lichtpunkt *C* in folgender Weise auf Null reducirt. Wir werden uns statt eines Punktes *C* mehrere dicht übereinanderliegende denken müssen, die den verschiedenen Wellenlängen angehören. Nehmen wir davon den obersten, so ist dieser in der Ebene *AB* thatsächlich der einzige Punkt, welcher eine grössere Summe convergenter Strahlen empfängt, alle übrigen Punkte derselben Ebene erhalten nur divergente Strahlen. Wir haben also, soweit es die sphärische und chromatische Aberration angeht, in *C* thatsächlich einen intensiven Lichtpunkt, der in der Mitte einer lichtschwachen Umgebung *AB* liegt.

Dieser Punkt *C* erfährt nun eine Erweiterung durch die Beugung; diese erst verwandelt ihn in einen Zerstreuungskreis von der bekannten Beschaffenheit. Als Zerstreuungskreis wird in unserem Falle der Lichtpunkt erst durch starke Oculare erkennbar und werden alsdann auch die Beugungsringe sichtbar. Die Grösse dieses Zerstreuungskreises richtet sich nach der Grösse desjenigen Winkels, welchen die in *C* zusammenkommenden Strahlen bilden.

Erzeugen wir nun in der Ebene *AB* ein Bild von feinen Linien, so sehen wir, dass sich mit Leichtigkeit Details abbilden lassen, die unter $0{\cdot}01^{\text{mm}}$ gehen, während die thatsächliche Grösse des Zerstreuungskreises *AB* über 1^{mm} beträgt. Der Grund dafür ist leicht einzusehen. Die Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration nehmen an der Abbildung der Linien keinen Antheil, sondern hierbei ist allein der Lichtpunkt *C* thätig. Dieser ist durch die Beugung in einen Zerstreuungskreis verwandelt, dessen Radius abhängt von dem Winkel, welchen die in *C* zusammentreffenden Strahlen bilden. Nach der Grösse dieses Winkels richten sich auch die in *C* darstellbaren Details.

Je besser nun ein Objectiv corrigirt ist, desto mehr Mittelstrahlen werden sich in *C* vereinigen, desto grösser wird der Projectionswinkel bei C sein, desto kleiner die Details des Bildes.

Aus dem Gesagten folgt, dass die penetrirende Kraft der in der Hauptbrennweite entstehenden Bilder unabhängig ist von den Zerstreuungskreisen der sphärischen und chromatischen Aberration und abhängig von den Zerstreuungskreisen der Beugung.

Welche Bedeutung werden nun die Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration für die in der Hauptbrennweite entstehenden Bilder haben?

Es ist leicht einzusehen, dass dieselben die definirende Kraft der Bilder beeinflussen müssen. Bilden wir nur einen einzelnen leuchtenden Punkt ab, und nehmen wir an, dass der Lichtpunkt *C* eine 50mal grössere Helligkeit hat, als der lichtschwache Raum *AB*, so wird der Punkt *C* mit grosser Schärfe hervortreten. Fallen nun aber in die Linie zwischen *C* und *B* 20 ebensolche Punkte, so wird das Verhältniss der Helligkeit der Punkte zu ihrer Umgebung nicht 50:1, sondern weil alle 20 Zerstreuungskreise sich noch decken, nur 70:20 betragen, der Unterschied der Helligkeit zwischen den Punkten und deren Umgebung also ein wesentlich geringerer sein.

Wir sehen daraus, dass die Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration die definirende Kraft der in der Hauptbrennweite entstehenden Bilder beeinflussen. Die Zerstreuungskreise der Beugung kommen dem gegenüber wegen ihrer in den meisten Fällen sehr geringen Grösse nicht in Betracht. Je besser ein Objectiv corrigirt ist, desto mehr Strahlen werden sich in *C* vereinigen, desto kleiner wird *AB* sein, desto besser also nicht nur die penetrirende Kraft der Bilder, sondern auch die definirende Kraft.

Betrachten wir mit unserer Versuchsanordnung das Bild eines umfassenderen Objectes, so sehen wir, dass das Bild ausserordentlich nebelig erscheint. Wir unterscheiden wohl feine Details darin, diese schwimmen aber in einem Lichtmeer, aus dem die feineren Details nur hervorschimmern.

Mit welchen Linsen und Objectiven wir auch derartige Versuche anstellen, immer erhalten wir in *C* einen Lichtpunkt, der nur soweit in eine kleine Kreisfläche verwandelt ist, als es die Beugung erfordert, und um C eine lichtschwache Umgebung, deren Grösse mit der Güte der Correction wechselt. Und alles dieses gilt nicht nur für untercorrigirte Linsen und Objective, sondern ebenso auch für übercorrigirte; wir brauchen nur die Strahlen *HB*, *MA*, *JE*, *LD*, *KC* über *AB* hinaus zu verlängern und uns jenseits *AB* ein übercorrigirtes Objectiv zu denken, dann bleiben alle Verhältnisse, wie zuvor.

Es ist klar, dass, wenn wir auch in der Ebene *AB* kleine Bilddetails erzeugen, doch die Grösse derselben, insbesondere bei mangelhaft corrigirten Linsen und Objectiven eine erheblich bedeutendere sein muss, als sie dem im voraus berechneten δ entspricht. Denn wir benutzen ja in *C* nur einen Theil des Objectivs, haben also auch hier nur einen kleineren Projectionswinkel wirksam, als er dem ganzen Objectiv zukommt, und müssen also auch als kleinstes Bilddetail einen grösseren Werth als δ erhalten. Wie kommt es nun, dass bei unseren Objectiven und selbst bei den mangelhaft corrigirten doch die Grösse δ überall annähernd erreicht wird?

Kehren wir zu unserer Versuchsanordnung zurück und entfernen zunächst das Mikroskop von der Linse, so verschwindet der Lichtpunkt *C* und *AB* wird eine gleichmässig beleuchtete Ebene, die Anfangs noch etwas grössere Intensität in ihrer Mitte zeigt. Nähern wir dagegen das Mikroskop der Linse, so hört der Lichtpunkt *C* nicht auf; er bleibt in gleicher Weise bestehen bis zum Punkt *C'*, doch bemerken wir, dass die Ebene *AB* erhebliche Veränderungen eingeht. Zunächst wird sie, wie aus der Figur hervorgeht, kleiner, und wir kommen allmählig auf die Ebene *FG*, wo die absolute Grösse der Zerstreuungskreise der sphärischen Aberration die geringste ist. Der Ort dieser Ebene ist leicht festzustellen, da wir eben nur die geringste Grösse des Zerstreuungskreises aufzusuchen brauchen.

Ausser dieser Veränderung der Grösse treten jedoch noch andere Veränderungen auf. Sobald wir nämlich mit dem Mikroskop unterhalb *C* kommen, sehen wir, dass rings um den centralen Lichtpunkt sich eine kleine Kreisscheibe bildet, die immer grösser wird und deren Helligkeit allerdings geringer als die des centralen Lichtpunktes selbst ist, aber weit grösser als die der übrigen Umgebung. Wir wollen diese helle Kreisscheibe um den centralen Lichtpunkt gegenüber der lichtschwachen Umgebung den lichtstarken Raum nennen. In *FG* nimmt dieser lichtstarke Raum den ganzen Zerstreuungskreis ein, eine lichtschwache Umgebung haben wir hier nicht mehr. Gehen wir nun noch tiefer, so bleibt dieses letztere Verhältniss bestehen, nur dass der lichtstarke Raum an Ausdehnung zunimmt bis endlich, sobald wir den Punkt *C'* passirt haben, der centrale Lichtpunkt mit einem Mal verschwindet, und an Stelle desselben ein dunkler Raum auftritt, dessen Intensität gegenüber der Umgebung fast gleich Null erscheint. Dieser dunkle Raum vergrössert sich schnell und wir behalten so einen lichtstarken Ring übrig. In der Figur ist der lichtstarke Raum durch die Schraffirung, die übereinanderliegende Reihe der centralen Lichtpunkte durch Punkte ausgezeichnet, die lichtschwache Umgebung wird durch die Dreiecke *AFC* und *BGC* repräsentirt.

Die Erklärung dieser Phänomene ist leicht zu bewerkstelligen. Der centrale Lichtpunkt bleibt von *C* bis *C'* bestehen, weil in dieser Linie

welche die Physik die sphärische Längenabweichung nennt, eine grössere Anzahl von Strahlen entsprechend concentrischen Ringtheilen des Objectivs zusammentreffen, und zwar so, dass in C' die äussersten Randstrahlen ihre Vereinigung finden, in C dagegen die nächsten Mittelstrahlen. Den lichtstarken Raum erhalten wir, wenn wir uns sämmtliche in AB auftreffenden Strahlen construiren und den Raum um die Linie CC' abgrenzen, in welchem die Strahlen eine Convergenz zeigen. Wir treffen diese Grenze ungefähr, wenn wir F und G mit C durch gerade Linien verbinden. Dass unterhalb C' die Intensität so plötzlich und excessiv abnimmt, rührt daher, dass in C' eine grosse Summe von Randstrahlen zusammentreffen, unterhalb C' jedoch nur spärliche Mittelstrahlen wirksam sind. Was unterhalb C' und oberhalb C geschieht, ist für uns nicht von Belang, wohl aber interessiren uns die Erscheinungen zwischen C und C'.

Wir haben hier dreierlei zu unterscheiden: die centralen Lichtpunkte, welche die Linie CC' zusammensetzen, den lichtstarken Raum, welchen die Schraffirung andeutet, und die lichtschwache Umgebung in den Dreiecken AFC und BGC. Betrachten wir in den Ebenen zwischen C und C' das Bild feiner Linien, so finden wir, dass wir, je näher wir C' kommen, desto feinere Distanzen auflösen können. Während in der Hauptbrennweite die kleinste Distanz etwa 10^{μ} betrug, komme ich in der Nähe von C' bis zu Distanzen von 2 Die penetrirende Kraft der Bilder wird also eine um so grössere, je mehr wir uns dem Vereinigungspunkte der Randstrahlen nähern; sie ist am grössten an diesem Punkte selbst und hängt ebenso, wie in der Hauptbrennweite, so auch hier, lediglich ab von den centralen Lichtpunkten, d. h. von den Zerstreuungskreisen der Beugung; während auch hier die sphärische und chromatische Aberration an der Abbildung der Details keinen Antheil nehmen. Je näher wir C' kommen, desto grösser wird der Projectionswinkel, der in den centralen Lichtpunkten sich vereinigenden Strahlen, bis er in C' das Maximum seiner Grösse erreicht. Dem entsprechend werden auch die darstellbaren Details kleiner.

Während wir in C einen, wenn auch kleinen, so doch geschlossenen Strahlenkegel wirksam hatten, ist das in allen centralen Lichtpunkten unterhalb C nicht der Fall; hier wirken nur concentrisch liegende ringförmige Theile der Linse.

Jene Bestimmungen der Grösse der Zerstreuungskreise der Beugung und der davon abhängigen Grösse von δ, die wir bisher ausgeführt haben, beziehen sich alle auf geschlossene Strahlenkegel und fragt es sich, wie sich ringförmige Objective demgegenüber verhalten. Lommel hat in einer anderen Arbeit über die Beugung[1] die Grösse der durch die Beugung er-

[1] Lommel, Ueber die Anwendnng der Bessel'schen Functionen u. s. w. Schlömilch's *Zeitschrift für Mathematik u. Physik.* Jahrg. XV, 1870, S. 152 und 155.

zeugten Lichtscheibchen bei ringförmigen Objectiven berechnet und hat gefunden, dass bei ringförmigen Oeffnungen diese Lichtscheibchen nicht grösser werden, als wenn man die volle Oeffnung benutzt, ja sogar kleiner. Während nämlich bei voller Oeffnung das erste Minimum bei einem Gangunterschied von 1·2 Wellenlängen auftritt, findet sich dasselbe bei einer ringförmigen Oeffnung, deren innerer Radius halb so gross als der äussere ist, schon bei einem Gangunterschied von einer Wellenlänge, und bei sehr schmalen ringförmigen Oeffnungen gar schon bei einem Gangunterschied von $^3/_4$ Wellenlängen. Wir sehen daraus, dass, wenn auch in den centralen Lichtpunkten zwischen C und C' nur ringförmige Theile der Linse thätig sind, die Zerstreuungskreise der Beugung hier doch der Grösse der hier wirksamen Projectionswinkel entsprechen, ja sogar kleiner sind, als wir es vorher angenommen haben. Darauf beruht es, dass wir von C nach C' hin immer feinere Details auflösen können, weil hier immer grössere Projectionswinkel in Thätigkeit treten, und weil die denselben entsprechenden kleinen Zerstreuungskreise noch verkleinert werden durch die Ringform der hier thätigen Objectivfläche.

Lommel hat durch die Berechnung der durch ringförmige Oeffnungen erzeugten Zerstreuungskreise zugleich den für uns sehr wichtigen Nachweis geführt, dass die Interferenzwirkung der einander gegenüberliegenden Theile eines Ringes, welche bei Benutzung isolirter Theile desselben leicht zu den bekannten künstlichen Interferenzbildern führen könnte, wiederum durch die Interferenz selbst, die durch die Gesammtheit des Ringes geboten wird, aufgehoben wird; und dass daraus ein einfacher Zerstreuungskreis resultirt, dessen Eigenschaften von den durch volle Oeffnungen erzeugten Zerstreuungskreisen nur wenig abweicht. Benutzen wir daher, wie fast immer in der Bilderzeugung, den ganzen Ring, so dürfen wir nicht fürchten in den Ebenen zwischen C und C' künstliche Interferenzbilder zu erhalten, sondern diese Bilder sind ebenso, wie diejenigen der Ebene AB, die natürlichen Erzeugnisse von gewöhnlichen Zerstreuungskreisen, deren Eigenschaften und Wirkungen wir kennen und leicht zu verfolgen im Stande sind.

Wir haben demnach gefunden, dass auch in den Bildern, welche ausserhalb der Hauptbrennweite in den Ebenen zwischen C und C' erzeugt werden, die penetrirende Kraft abhängt von den Zerstreuungskreisen der Beugung, und fragt es sich nun, wie hier die Verhältnisse der definirenden Kraft liegen.

Wie in der Ebene AB die lichtschwache Umgebung des Lichtpunktes C die definirende Kraft der Bilder herabsetzt, so geschieht dieses hier sowohl durch den lichtschwachen, als auch durch den lichtstarken Raum, nur dass hier die bedeutende Intensität des Letzteren sich viel wirksamer zeigt. Betrachten wir ein umfassenderes Object in einer Ebene zwischen C und C',

so sind hier die Bilder in ihrer Begrenzung noch weit schlechter, als in der Ebene AB und werden um so schlechter, je näher wir C' kommen. Wenn auch die Grösse der lichtschwachen Umgebung hier abnimmt, dieselbe sogar verschwindet, so nimmt doch der lichtstarke Raum an Umfang zu und damit auch die Verschlechterung der Definition. Die darstellbaren Details werden allerdings kleiner, aber die Helligkeitsunterschiede so gering, das Ganze so verschwommen, dass wir bei unbefangener Einstellung diese Bilder jedenfalls vermeiden und die Bilder in der Hauptbrennweite aufsuchen, die uns viel schärfer und deutlicher vorkommen. Erst wo es uns auf die feinsten Details ankommt, gewinnen diese Bilder zwischen C und C' an Bedeutung. Wir suchen diese Bilder nur mit der bestimmten Absicht auf, mit Verzichtleistung auf alle übrigen Vortheile die feinsten Details uns zugänglich zu machen. Daher wollen wir die in der Hauptbrennweite entstehenden Bilder die gewöhnlichen, dagegen die in den Ebenen zwischen C und C' entstehenden die ungewöhnlichen Bilder nennen.

Dass wir die gewöhnlichen d. h. die von uns unter gewöhnlichen Verhältnissen bevorzugten Bilder stets in der Hauptbrennweite aufsuchen, ist eine durchaus bemerkenswerthe Thatsache, da von allen Bildern diese, wie die Figur zeigt, gerade die grössten Zerstreuungskreise haben. Da wir uns in jedem Falle bei der Accommodation des Auges oder bei der Einstellung eines anderen optischen Instruments den besten Ort des Bildes aufsuchen, so könnte man a priori annehmen, dass dieser Ort sich an der Stelle der kleinsten Zerstreuungskreise befinde, also in der Ebene FG sei. Dieses ist nicht der Fall, sondern die gewöhnlichen Bilder befinden sich gerade am Orte der grössten Zerstreuungskreise, und dieses findet seinen Grund, wie wir gesehen haben, in den Intensitätsverhältnissen der verschiedenen Ebenen.

Bei allen Bildern jedoch, sowohl bei den gewöhnlichen, als auch bei den ungewöhnlichen, haben wir gefunden, dass die penetrirende Kraft abhängt von den Zerstreuungskreisen der Beugung, die definirende Kraft von den Zerstreuungskreisen der sphärischen und chromatischen Abberration.

Es ist uns so gelungen, den Process der Bilderzeugung in seine Einzelheiten zu zerlegen und nachzuweisen, dass die Grössen- und Intensitätsverhältnisse der in den Bildern vorhandenen Zerstreuungskreise die Eigenschaften der Bilder bedingen, und ebenso nachzuweisen, in welcher Art diese Eigenschaften mit den Zerstreuungskreisen in Zusammenhang stehen.

Jetzt können wir jene durch die Erfahrung gebotenen, aber bisher unerklärten Thatsachen, welche zu der Trennung der penetrirenden und definirenden Kraft geführt haben, leicht verstehen. Ein gut corrigirtes Objectiv mit grosser Oeffnung wird sowohl in Bezug auf die Beugung, wie

auch in Bezug auf die sphärische und chromatische Aberration nur kleine Zerstreuungskreise haben und desshalb nebelfreie scharfe Bilder mit feinen Details zeigen. Ein mangelhaft corrigirtes Objectiv mit grosser Oeffnung wird vor allem schlechte Definition aufweisen; wir werden damit wohl feine Details unterscheiden, doch bei nebligem und unscharfem Charakter des Bildes; die feineren und feinsten Details werden dabei nicht mit den gewöhnlichen Bildern zusammenfallen, sondern bei untercorrigirten Objectiven unterhalb, bei übercorrigirten oberhalb derselben sein. Dass gut corrigirte Objective mit kleiner Oeffnung, die ihre ganze Oeffnung in C thätig sein lassen, gute Definition und geringe Penetration zeigen, ist nun ebenfalls einleuchtend.

So wird es endlich auch erklärlich, warum es uns gelungen ist, mit allen optischen Instrumenten, selbst den mangelhaft corrigirten, in Bezug auf die penetrirende Kraft die im Voraus berechnete Grösse von δ annähernd zu erreichen. Finden wir in den gewöhnlichen Bildern die gewünschten Details nicht, so suchen wir sie eben in den ungewöhnlichen Bildern auf und können uns so dem berechneten Werthe nähern.

Aus diesen Auseinandersetzungen könnte es nun fast scheinen, als wäre es für uns ziemlich gleichgültig, ob unsere optischen Instrumente gut corrigirt sind, oder nicht. Wir können ja die feinen Details doch auflösen, und wenn wir sie nicht in den gewöhnlichen Bildern finden, dann suchen wir sie in den ungewöhnlichen Bildern auf. Dem gegenüber müssen wir nochmals hervorheben, dass die sphärische und chromatische Aberration allerdings keinen directen Antheil an der Abbildung der Details haben, dass sie jedoch, wenn sie zu sehr überhand nehmen, die Deutlichkeit der Details vermindern, indem sie die Helligkeitsunterschiede derselben verringern und jenes bekannte Lichtmeer über sie ausgiessen, in welchem die Details wie durch einen Nebel hervorschimmern; die Unterscheidung zarter Bildtheile wird dadurch leicht unmöglich gemacht, und wird so auch die penetrirende Kraft durch die Mängel der Correction leicht vermindert. Und wer sich gar mit dem Charakter der ungewöhnlichen Bilder vertraut gemacht hat, der wird finden, dass dieselben wohl durch experimentelle Maassnahmen nutzbar gemacht werden können, aber bei der gewöhnlichen Art der Bilderzeugung wohl selten verwerthbar sind. Darum bleibt eine gute Correction ein Haupterforderniss für ein brauchbares Instrument.

Wenn wir daher auch die Penetration im Allgemeinen als die vornehmste Eigenschaft der optischen Instrumente bezeichnen, so dürfen wir doch keineswegs die Correction vernachlässigen, und müssen bei der Construction unserer Instrumente ebenso gut Rücksicht nehmen auf die definirende Kraft.

Auch diese wechselt, ebenso wie die Penetration, innerhalb der wei-

testen Grenzen. Wer Gelegenheit oder das Interesse daran hat, viele verschiedenartige Instrumente und Bilder mit den dazu nothwendigen Vergrösserungen zu vergleichen, der findet nicht nur in der Penetration, sondern auch in der Definition und in dem Verhältniss beider eine ununterbrochene Reihe von Abstufungen. Die Anwendung von Vergrösserungen ermöglicht es auch hier, Bilder zu beurtheilen, die sonst in ihrer Schärfe für unser Auge nicht mehr zugänglich wären; doch dürfen wir dabei nicht vergessen, dass auch die definirende Kraft der Bilder ebenso viel Mal schlechter wird, als man sie vergrössert, da die Zerstreuungskreise ja mit vergrössert werden. Wie nach der Grösse des Projectionswinkels die Penetration der Bilder in den grössten Extremen wechseln kann, so geschieht dieses auch je nach der Güte der Correction mit der definirenden Kraft. Ich besitze eine grosse biconvexe Crownglaslinse, welche in der Hauptbrennweite Zerstreuungskreise von über 2 Zoll Durchmesser liefern,[1] und andererseits kleine gut corrigirte Linsen, bei denen das Bild eines leuchtenden Punktes selbst bei stärkeren Vergrösserungen keine lichtschwache Umgebung um C zeigt.

So sind beide Kräfte in unseren Bildern in ausserordentlich verschiedener Weise vertreten; beide gehen neben einander her, ohne von einander direct abhängig zu sein, und doch können wir die eine ohne die andere nicht entbehren.

Allerdings sind die Ansprüche, die wir in dieser Beziehung an unsere Bilder stellen, je nach den Zwecken, die wir verfolgen, sehr verschieden. In dem einen Falle verlangen wir vor Allem eine möglichst grosse penetrirende Kraft und construiren uns darauf hin Instrumente, bei denen eine gute Correction nicht mehr möglich ist. Im anderen Falle ist dagegen wiederum die definirende Kraft das Ziel unserer Wünsche, während die Penetration mehr zurücktritt.

Wollen wir bei einem Instrument mehr die penetrirende Kraft ausnutzen, so wählen wir stärkere Vergrösserungen, stärkere Oculare; indem wir unserer Retina die feinen Details in einem bequemen Raume darbieten, vermag dieselbe viel feinere Helligkeitsunterschiede wahrzunehmen und wir erreichen dadurch häufig einen wesentlichen Vortheil, trotzdem wir durch die Vergrösserung die Helligkeitsunterschiede vermindern und die definirende Kraft herabsetzen. Bei schwachen Ocularen erreichen wir das Gegentheil:

[1] Eine derartige Linse ist übrigens vortrefflich geeignet, um die specifischen Wirkungen der verschiedenen Zerstreuungskreise ohne Anwendung von Vergrösserungen im Groben direct zu demonstriren. Projicirt man damit das Bild einer kleinen Lichtflamme oder anderer Objecte auf ein Stück weisses Papier, so sieht man die colossalen Zerstreuungskreise und sieht, dass doch feine Details sich abbilden, und kann auch die Ebenen zwischen C und C' mit einander vergleichen.

wir erhöhen die definirende Kraft, wir verzichten auf die äusserste Ausnutzung der Penetration und wir können so viele Objecte besser erkennen und beurtheilen. Dieses gilt sowohl für das Fernrohr, als auch für das Mikroskop.

Da jedoch das Ocular dem vom Objectiv direct erzeugten Bilde nichts hinzuzufügen vermag, so werden wir vor Allem auf die Eigenschaften dieses Bildes Rücksicht zu nehmen haben. Hier erhöhen wir die penetrirende Kraft durch Vergrösserung des Projectionswinkels, durch Vergrösserung der Oeffnung, die definirende Kraft durch die bessere Correction. Da mit der Grösse der Oeffnung die Schwierigkeiten der Correction zunehmen, so stehen beide Bestrebungen mit einander im Widerspruch, und müssen wir daher in jedem einzelnen Falle, je nach dem Zwecke, den wir verfolgen, die penetrirende und definirende Kraft mit einander in Einklang zu bringen suchen. Am besten gelingt das beim Mikroskop, weil es hier relativ leicht ist, die fast höchste erreichbare Penetration mit genügender Correction zu verbinden. Am übelsten sind wir beim Fernrohr daran, weil hier zu Gunsten der Penetration die Dimensionen in's Unermessliche gehen können, zu Gunsten der Definition dagegen bald die Grenze kommt, wo unsere Kräfte zu einer genügenden Correction nicht mehr ausreichen. Wir müssen beim Fernrohr nicht nur einen möglichst grossen Projectionswinkel erstreben, sondern auch einen möglichst grossen Bildabstand, da durch den ersten die Kleinheit der Details im Bilde bedingt wird, durch den zweiten aber die Winkelgrösse dieser Details und damit die Kleinheit der Details im Object, d. h. die absolute Leistung. Darum wird für das Fernrohr nie die Zeit kommen, wo wir behaupten können, an den Grenzen seiner Leistungen zu stehen.

Könnten wir in allen Fällen die sphärische und chromatische Aberration vollkommen verbessern, dann wäre überall der grösste Projectionswinkel der beste. Das können wir aber nicht, und sind wir dann noch gar aus irgend einem Grunde genöthigt, einen grossen Bildabstand zu erstreben, dann müssen wir unser Verlangen nach einem grossen Projectionswinkel oft sehr bedeutend einschränken; denn bei grossen Instrumenten wachsen die Schwierigkeiten der Correction so, dass dieselben nur bei einem kleinen Projectionswinkel einigermaassen bewältigend werden können. Es kommt uns eben bei vielen unserer Bilder nicht nur auf die feinsten Details an, die wir vielleicht mit grosser Anstrengung und durch künstliche Versuchsanordnung erreichen können, sondern auch auf die Deutlichkeit, mit der wir sie sehen, und es giebt viele Objecte und viele Bilder, für deren erfolgreiche Betrachtung diese Deutlichkeit die erste Bedingung bildet.

Wir können von unsern Optikern nicht verlangen, dass ihre Objective mehr leisten, als die Beugungsaberration es zulässt; das aber können wir verlangen, dass die sphärische und chromatische Aberration nicht überwiegt, sondern dass die definirende Kraft der Bilder zur Oeffnungsgrösse und zur

penetrirenden Kraft in einem unseren Zwecken angemessenen Verhältniss steht. Wo sich dieses trotz aller Mühe nicht erreichen lässt, da sind die Grenzen in der Wahl der Elemente eines Objectivs überschritten.

Die Ueberschreitung dieser Grenze finden wir z. B. häufig bei den Cameraobjectiven, und müssen wir deshalb die Randtheile derselben häufig abblenden. Wir erreichen dadurch leicht eine wesentliche Verbesserung der definirenden Kraft, weil die Grösse der Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration wesentlich durch die Randtheile der Objective bedingt wird. Beim Fernrohr wenden wir dieses Abblenden selbst in Fällen, wo es gerechtfertigt wäre, nicht an, weil dadurch die Penetration geschädigt wird, und diese meist den Hauptzweck des Instruments bildet. Wir könnten hier einen ähnlichen Effect dadurch erzielen, dass wir den centralen Theil des Objectivs mehr oder weniger abblendeten; wir würden hierbei keine Herabsetzung der penetrirenden Kraft erhalten, weil ringförmige Oeffnungen keinen schlechteren Beugungseffe cthaben, als volle; wir würden aber hierdurch auch die definirende Kraft nicht in so hohem Grade verbessern, wie durch das Abblenden der Randtheile, und dadurch wird der Werth des centralen Abblendens in Frage gestellt.

Vergleichen wir miteinander die Chancen, welche die einzelnen Instrumente für die Güte ihrer Correction haben, so finden wir, dass darin eine ausserordentliche Verschiedenheit herrscht. Folgende drei Sätze, welche aus den Gesetzen des sphärischen Spiegels abgeleitet werden können, sollen uns über die Grösse dieser Verschiedenheiten der Chancen der Correction Aufschluss geben. Wir denken uns dabei das Bild eines in weiter Entfernung befindlichen Punktes in der Hauptbrennweite eines sphärischen Spiegels und erhalten dann folgende Abhängigkeit der Zerstreuungskreise von der Grösse des Projectionswinkels, des Bildabstandes und des Objectivdurchmessers:

Erstens: Bei gleichem Projectionswinkel nimmt der Radius der Zerstreuungskreise der sphärischen Aberration zu, direct proportional dem Bildabstande oder dem Objectivdurchmesser. Die Zerstreuungskreise der Beugung bleiben dieselben.

Zweitens: Bei gleichem Objectivdurchmesser nimmt der Radius der Zerstreuungskreise der sphärischen Aberration zu, umgekehrt proportional dem Quadrate des Bildabstandes; der Radius der Zerstreuungskreise der Beugung nimmt zu, direct proportional dem Bildabstande.

Drittens: Bei gleichem Bildabstande nimmt der Radius der Zerstreuungskreise der sphärischen Aberration zu, direct proportional der dritten Potenz des Objectivdurchmessers. Der Radius der Zerstreuungskreise der Beugung nimmt zu umgekehrt proportional dem Objectivdurchmesser.

Während demnach die Zerstreuungskreise der Beugung nur abhängig sind von dem Verhältniss zwischen Bildabstand und Objectivdurchmesser, d. h. der Cotangente des Projectionswinkels, sind die Zerstreuungskreise der sphärischen Aberration abhängig von jedem einzelnen jener Factoren. Wir werden aus diesen Sätzen noch manche Folgerungen zu ziehen haben. Zunächst erklärt sich uns daraus, warum kleine Instrumente leichter zu corrigiren sind und bessere Bilder liefern als grosse; weil Bildabstand und Objectivdurchmesser klein sind, so sind auch die Zerstreungskreise der sphärischen Aberration klein, und wenn auch der Projectionswinkel, d. h. die Bedingungen für die Abbildung der Details, derselbe bleibt, so werden doch wegen der sphärischen Aberration wesentliche Unterschiede der definirenden Kraft bestehen. Bei kleinen Instrumenten sind grosse Aberrationsreste ohne erhebliche Wirkung, während bei grossen Instrumenten die geringsten Aberrationsreste das Bild wesentlich verschlechtern.

So liefern z. B. solche kleine Luftbläschen, wie man sie zur Prüfung der Mikroskopobjective benutzt, und die in Gummilösung u. s. w. suspendirt sind, selbst bei den stärksten Vergrösserungen noch vortreffliche Bilder, trotzdem sie sehr bedeutende sphärische Abweichungen haben, und es rührt diese ausserordentlich hohe Leistung derselben einerseits von dem nahe an 180 Grad grossen Projectionswinkel derselben her, andererseits von der Kleinheit dieser Bläschen. Die Feinheit und Schärfe dieser Bildchen ist so gross, dass die Raumvorstellung nicht mehr ausreicht, sich dieselben so vorzustellen, wie sie in der Wirklichkeit und abgesehen von der Vergrösserung sind. So geben auch kleinere Glaslinsen, die brechenden Medien des Auges u. s. w. vortreffliche Bilder trotz mangelhafter Correction. Bei der Camera und dem Fernrohr dagegen, besonders bei den grösseren, erlangen wir selbst mit der grössten Sorgfalt und dem grössten Raffinement der Correction doch nicht so gute Bilder, als sie kleine mangelhaft corrigirte Linsen oder die brechenden Medien des Auges zeigen, wenn wir nämlich die Qualität der Bilder an sich und nicht die absolute Leistung in Betracht ziehen.

Daher die grossen Schwierigkeiten in der Herstellung unserer Fernrohr- und Cameraobjective; mag die Erzeugung der dazu nöthigen grossen und homogenen Glasmassen u. s. w. auch ihre Schwierigkeiten haben, so scheint jener Grund das Wesentliche zu sein, dass bei ihnen die geringsten Aberrationsreste bereits wesentlich das Bild verschlechtern.

Die Mikroskopobjective sind diesen beiden gegenüber wieder im Vortheil; denn wenn auch der grosse Oeffnungswinkel eine Besonderheit bildet, welche Schwierigkeiten macht, so werden doch diese Schwierigkeiten reichlich durch den geringen Durchmesser der Objective und durch den relativ geringen Bildabstand aufgewogen.

Fassen wir nun das Resultat unserer bisherigen Betrachtungen kurz zusammen, so haben wir gefunden, dass sowohl die penetrirende als auch die definirende Kraft der Bilder abhängt von den in den Bildern wirksamen Zerstreuungskreisen und zwar, dass die penetrirende Kraft wesentlich bedingt wird durch die Zerstreuungskreise der Beugung, die definirende Kraft durch die Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration. Beide Kräfte sind für uns werthvoll; wir müssen daher je nach den Zwecken, die wir verfolgen, beide in ein angemessenes Verhältniss zu setzen suchen, und bei der Construction unserer Objective auf beide Rücksicht nehmen.

Nachdem wir uns so über die allgemeinen theoretischen Grundlagen verständigt haben, wollen wir die penetrirende und definirende Kraft der einzelnen Instrumente in Betracht ziehen und nach einander Auge, Fernrohr, Camera und Mikroskop besprechen.

Das Auge.

Beim Auge ist von dem Einflusse der Beugung jene Thatsache lange bekannt, dass sehr enge Oeffnungen vor die Pupille gebracht, das Sehen wesentlich beeinträchtigen, und nicht nur wegen des dadurch entstehenden Lichtverlustes, denn auch überhellte Objecte, die durch die enge Oeffnung gerade die passende Helligkeit erhalten, werden dadurch undeutlicher als zuvor.

Im Uebrigen hat man sich mehr bemüht die Eigenschaften des Sehens von physiologischen Momenten abzuleiten, als sie mit den physikalischen Bedingungen, welche der dioptrische Apparat des Auges bietet, in Einklang zu bringen. Wie es mir scheint, mit Unrecht.

Was zunächst die penetrirende Kraft des Auges betrifft, so hat man dieselbe durch die bekannten Versuche oft bestimmt; man hat hier Werthe erhalten, welche den Grössenverhältnissen der Retinazapfen ungefähr entsprachen und da man diese als die empfindenden Organe der Macula lutea betrachtete, so glaubte man in dem anatomischen Bau der Retina den Grund für die Grenze der Perceptionsfähigkeit derselben gefunden zu haben.

Nun ist es wohl möglich, dass der anatomische Bau der Retina in dieser Hinsicht eine Rolle spielt; aber es ist auch möglich, dass wir diesen anatomischen Bau in seiner Feinheit noch weit unterschätzen. Es liegen Beobachtungen vor, welche es möglich erscheinen lassen, dass die Structur der Zapfen keine einfache ist, und wenn wir uns als den Ort des Sehens

jene Gegend denken, wo die Zapfenenden sich mit den Pigmentkörnchen des Retinaepithels umgeben, dann ist für unsere Phantasie ein freier Spielraum gelassen. Jedenfalls sind alle diese Betrachtungen hypothetischer Natur; wir wissen nicht einmal, ob die Zapfen die vermittelnden Elemente sind oder nicht.

Gegenüber diesen hypothetischen Betrachtungen erscheint es durchaus gerechtfertigt, zu vergleichen, wie weit die penetrirende Kraft des Auges durch die physikalischen Bedingungen des dioptrischen Apparates beeinflusst sein könnte.

Lommel hat die allein durch die Beugung gesetzte Grenze, wenn auch nicht genau, so doch in annähernder Weise auf 36 Secunden bestimmt. Die beste directe Beobachtung, von der Helmholtz berichtet (*Physiolog. Optik*, S. 841), kam auf 50 Sec., er selbst auf 64 Sec., das beste von Weber untersuchte Auge auf 73 Sec. Mir scheint es nun, dass, wenn diese Grösse bei den meisten Menschen auch noch höher gefunden würde, wir dennoch keinen Grund hätten anzunehmen, dass dadurch die Grenze der Perceptionsfähigkeit der Retina bestimmt sei, und dass kein Grund vorhanden wäre, warum nicht eine jede normale Retina noch viel feinere Distanzen unterscheiden könnte, wenn ihr dieselben mit den nöthigen Helligkeitsunterschieden, mit der nöthigen Schärfe geboten würden.

Nach den früheren Auseinandersetzungen über das Zusammenwirken der verschiedenen Zerstreuungskreise wird in jedem Auge jene durch die Beugung begrenzte Distanz thatsächlich abgebildet; es fragt sich nur, mit welchen Helligkeitsunterschieden. Nicht nur bedingt die Beugung allein hierbei bereits die äusserste Grenze der Helligkeitsdifferenz, sondern die Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration kommen noch hinzu, und besonders bei den feinsten Details, die in C' liegen, muss der lichtstarke Raum bei der Verringerung der Helligkeitsunterschiede von bedeutender Wirkung sein. Im Punkt C, wo die lichtschwache Umgebung allein ein günstigeres Moment darbietet, werden wir wegen des hier wirksamen kleineren Projectionswinkels schon an und für sich grössere Distanzen haben.

In der Wahrnehmung feiner Helligkeitsunterschiede ist die Retina bekanntlich sehr empfindlich, sobald ihr dieselben in einem bequemen Raume geboten werden; wenn jedoch nur sehr kleine Retinatheile dazu verwendet werden, so erweist sie sich als sehr stumpf.

Wenn ich daher die von einem Objectiv erzeugte kleinste Distanz meiner Retina durch eine beliebig gewählte Vergrösserung zugänglich machen kann, dann nähere ich mich sehr leicht bis zur Wahrnehmung jener feinen Helligkeitsunterschiede, wie man sie am Vergleich grösserer Flächen bestimmt hat, und wo man noch die Unterscheidung von Intensität 185

und 186 ermöglichte, und komme dann annähernd bis an die berechnete Grösse von δ heran, trotzdem Beugung, sphärische und chromatische Aberration und die angewendete Vergrösserung die Helligkeitsdifferenz sehr klein gemacht haben.

Bei der directen Prüfung des Auges fällt die Anwendung der Vergrösserung fort; wir müssen hier feine Helligkeitsunterschiede in sehr engem Raume wahrnehmen und ist es daher leicht erklärlich, warum hier nicht so leicht die berechnete Grösse von δ erreicht wird.

Die bisherigen Versuche geben uns daher kein Recht anzunehmen, dass die Retina nicht noch feinere Distanzen, als die bisher erreichten, unterscheiden könnte, wenn ihr dieselben mit den nothwendigen Helligkeitsunterschieden geboten würden. Sie zeigen nur, dass die Grenzen unseres Sehens abhängig sind von den physikalischen Bedingungen, die dem dioptrischen Apparat des Auges eigenthümlich sind, nicht aber dass sie abhängig sind von dem anatomischen Bau der Retina. Die Grenze der Raumperception der Retina ist uns daher bis jetzt noch nicht bekannt. Um diese Grenze zu bestimmen, müssten wir uns vor allen Dingen unabhängig machen von den Zerstreuungskreisen der Beugung, der sphärischen und chromatischen Aberration und müssten im Stande sein, der Retina entsprechend feine Distanzen mit grossen Helligkeitsunterschieden darzubieten.

Wollen wir ähnliche Verhältnisse, wie sie uns das Auge bietet, durch stärkere Vergrösserungen uns zugänglich machen, so brauchen wir nur mit einer Linse, deren Brennweite der des Auges entspricht, und die wir bis auf die Weite der Pupille abblenden, ein Bild zu entwerfen, und dieses mit dem Mikroskop zu betrachten. Wir finden dann selbst bei gewöhnlichen nichtcorrigirten Crownglaslinsen, dass die Bilder relativ gute sind; nicht nur erreicht man annähernd die Grösse δ mit Leichtigkeit, sondern auch die Definition der Bilder ist eine gute, da die Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration wegen des kleinen Objectivdurchmessers und des kurzen Bildabstandes sehr klein sind. Je kleiner diese Zerstreuungskreise sind, desto grösser die Helligkeitsunterschiede, desto schärfer das Bild.

Wegen der Kleinheit des dioptrischen Apparates des Auges ist es daher auch nicht zu verwundern, dass die Bilder desselben mit so guter Definition erzeugt werden.

Ich versuchte es dadurch, dass ich meine Pupille durch Atropin ad maximum erweiterte, so den Projectionswinkel meines Auges vergrösserte und dann das Auge durch vorgehaltene Glaslinsen verschiedener Gattung möglichst corrigirte, für die auf der Retina wahrnehmbare Distanz einen geringeren Werth zu erhalten, als ihn mir die gewöhnliche Pupille giebt; doch habe ich auf diese Weise nicht einmal die Sehschärfe des nicht atropinisirten Auges erreicht, und ich nehme an, dass es mir nicht gelungen

ist, das Auge bei der Erweiterung der Pupille genügend zu corrigiren, oder dass durch das Atropin im Auge sonstige Veränderungen hervorgerufen sind, die das Sehvermögen herabsetzen.

Erweiterte ich bei jener Glaslinse, die den dioptrischen Apparat des Auges ersetzen sollte, die Blende, so kam ich mit Hülfe entsprechender Vergrösserungen leicht auf feinere Distanzen, wenn auch die Definition des Bildes eine schlechte wurde. Benutzte ich statt einer uncorrigirten Crownglaslinse ein entsprechendes gut corrigirtes Mikroskopobjectiv, in dessen vorderer Brennweite ich das zu prüfende Bild erzeugte, so blieb die Definition auch bei Erweiterung der Blende eine gute.

Die Grösse des Projectionswinkels unterliegt bei den verschiedenen Thieren mehr oder weniger erheblichen Schwankungen, und ist es daher nicht unmöglich, dass die Sehschärfe des Menschen von einzelnen Thieren übertroffen wird. So ist der Projectionswinkel des Falkenauges nach einer Zeichnung von H. Müller mehr als doppelt so gross, wie der des Menschenauges. Besonders im Vortheil werden diejenigen Augen sein, die neben der Grösse des Projectionswinkels durch die Kleinheit ihrer Dimensionen zu einer trefflichen Correction befähigt sind; hier wird die kleinste auf der Retina abgebildete Distanz leicht eine weit geringere Grösse erreichen, als beim Menschen.

Dieser Vortheil kleinerer Augen gegenüber dem Menschenauge kann jedoch leicht ein scheinbarer sein. Denn wenn auch die Distanz auf der Retina eine kleinere ist, und die Brennweite des Auges nur gering ist, so kann leicht der Gesichtswinkel der kleinsten Distanzgrösse also die absolute Sehschärfe eine geringere sein.

Die Sehschärfe des Auges für einzelne Objecte zu bestimmen, erscheint mir als eine durchaus überflüssige Aufgabe. Ein leuchtender Punkt in beliebiger Entfernung wird auf der Retina eine Kreisscheibe von bestimmter Grösse bilden. Mag nun der Sehwinkel eines kleinen Objectes so gering sein, wie er will, der Sehwinkel seines Bildes wird nie kleiner werden, als es jener Kreisscheibe entspricht. Es giebt desshalb überhaupt keine Entfernung, bei der wir ein beliebig kleines Object nicht sehen, wenn nur der Helligkeitsunterschied zwischen Object und Umgebung genügend gross ist. Derartige Bestimmungen würden also gar nicht die Sehschärfe des Auges prüfen, soweit dieselbe von Raumverhältnissen abhängt, sondern nur die Empfindlichkeit der Retina gegen Helligkeitsunterschiede, und diese können wir auch mit grossen Flächen feststellen.[1]

[1] So vermag ich mit unbewaffnetem Auge Glasfäden zu erkennen, deren Durchmesser unter $^1/_2 \mu$ geht, während ich 2 Elemente bei 8 Zoll Sehweite nur in einer Distanz von etwa 80μ (6μ auf der Retina) unterscheide.



Ob wir uns aber ein helles Object auf dunklem Grunde, oder ein dunkles Object auf hellem Grunde wählen, ist durchaus gleichgültig; denn ebenso wie die Beugung einen hellen Punkt in einen hellen Kreis verwandelt, so verwandelt sie auch, wie sich nachweisen lässt, einen dunklen Punkt in einen dunklen Kreis, und dieser behält ebenso bei jeder Entfernung des Punktes die gleiche Grösse. Daher sehen wir Spinngewebefäden, Telegraphendrähte u. s. w. gegen einen hellen Hintergrund in Entfernungen, die einem weit kleineren Sehwinkel entsprechen, als er für die Unterscheidung zweier Gegenstände dem Auge zugänglich ist.

Dagegen haben wir in dem Abstande zweier Punkte ein vortreffliches Mittel, die Sehschärfe des Auges zu prüfen. Das Resultat einer solchen Prüfung giebt uns allerdings, wie wir gesehen haben, kein Maass für die Leistungsgrenze der Retina, sondern nur ein Maass für die Leistungen des dioptrischen Apparates des Auges.

Von den Eigenthümlichkeiten des Sehens möchte ich noch insbesondere die Irradiation als mit der Beugnng im Zusammenhange stehend hervorheben. Ein einfacher Versuch soll uns die Art dieses Zusammenhanges zeigen. Wir nehmen feine Linien, die in eine undurchsichtige Silberschicht geritzt sind, deren gegenseitiger Abstand $0 \cdot 5^{\mathrm{mm}}$ beträgt und halten dieselbe gegen das Tageslicht. Bei einer gewissen Entfernung werden uns diese feinen hellen Linien und ihre breiten dunklen Zwischenräume selbst bei schärfster Accommodation gleich breit erscheinen. Damit dieses geschehen kann, müssen die feinen hellen Linien, deren wirkliche Breite wir gegenüber den breiten dunklen Zwischenräumen gleich Null setzen können, jederseits $0 \cdot 125^{\mathrm{mm}}$ an scheinbarer Breite zunehmen. Das Bild der Linien auf der Retina wird sich nun, wenn wir zunächst von den Zerstreuungskreisen der sphärischen und chromatischen Aberration absehen, so verhalten, dass dieselben wegen der vom Projectionswinkel des Auges abhängigen Beugungsaberration sich nach beiden Seiten hin verbreitern. Die Grösse dieser Verbreiterung nach einer Seite hin ist in diesem Falle gleich dem Radius der Zerstreuungskreise der Beugung, also, da derselbe gleich $1 \cdot 2 \frac{\lambda}{2} \operatorname{ctg} \alpha$ ist, und da der Projectionswinkel etwa gleich 8 Grad ist, gleich $3 \cdot 604^{\mu}$, wenn λ wegen des Glaskörpers gleich $\frac{0 \cdot 55}{1 \cdot 3}{}^{\mu}$ gesetzt wird. Wir können nun aus dieser Grösse, ferner aus der Grösse $0 \cdot 125^{\mathrm{mm}}$, welche jener entsprechen soll, und aus dem Abstande des Knotenpunktes von der Retina, der 15^{mm} beträgt, die Entfernung berechnen, welche die Linien vom Auge haben müssen, damit sie aus Gründen der Beugung ebenso breit erscheinen, als die dunklen Zwischenräume; diese Entfernung beträgt berechnet 521^{mm}.

Es ist nach dem früher Gesagten anzunehmen, dass wir bei scharfer

Accommodation das Bild der Linien in der Ebene AB erzeugen. Die lichtschwache Umgebung wird hier keinen Einfluss auf die Verbreiterung der Linien ausüben können, während in den Ebenen zwischen C und C' der lichtstarke Raum dieses thun würde; darum vermeiden wir in unserem Versuche bei scharfer Accommodation diese Ebenen und stellen auf AB ein. In der Ebene AB jedoch ist nicht der ganze Projectionswinkel des Auges bei C thätig und wird deshalb der Radius der Zerstreuungskreise der Beugung etwas grösser als $3 \cdot 604^{\mu}$ sein und darum jene Entfernung kleiner als 521^{mm}. Da aber wegen der abnehmenden Helligkeit nicht der ganze Radius der Zerstreuungskreise der Beugung für die Verbreiterung der Linien wirksam ist, so wird dadurch jene Entfernung wieder grösser gemacht.

Bei directem Versuch komme ich auf Entfernungen von etwa 500^{mm}, ebenso andere unbefangene Beobachter mit normalen Augen.

Nehmen wir statt der hellen Linien auf dunklem Grunde feine schwarze Linien auf hellem Grunde, so werden auch hier die feinen Linien und die breiten Zwischenräume bei derselben Entfernung gleichgemacht, und wir erhalten dann jene Erscheinung, die Volkmann[1] die paradoxe Irradiation genannt hat. Volkmann erklärt diese Erscheinung ganz richtig durch das Uebergreifen der Zerstreuungskreise (a. a. O. S. 137), doch führt Volkmann diese paradoxe Irradiation ebenso wie die gewöhnliche auf die Wirkung der Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration zurück. Diese haben nun bei der Irradiation nach Obigem keine Wirkung, sondern die Irradiation wird bei scharfer Accommodation allein durch die Zerstreuungskreise der Beugung hervorgebracht. Dies geht nicht nur aus der Art des Zusammenwirkens aller Aberrationen deutlich hervor, sondern wird auch durch die Resultate der directen Versuche wahrscheinlich gemacht. Einen weiteren Beleg dafür finden wir, wenn wir die Weite der Pupille durch vorgehaltene Oeffnungen allmählig verkleinern. Die Entfernung, bei der jene Ausgleichung der Linien erfolgt, wird dabei immer kürzer, trotzdem durch die Verkleinerung der Pupille die sphärische und chromatische Aberration verringert wird.

Wir könnten nun unsere Versuche über die Irradiation noch dahin erweitern, dass wir nicht nur feine helle Linien auf dunklem Grunde und feine dunkle Linien auf hellem Grunde benutzten, sondern noch das Verhältniss in der Breite der Linien und Zwischenräume wechselten. Die Bestimmung der aus den Beugungsgesetzen zu folgernden Intensitätsgrössen wäre dann eine mehr complicirte und wollen wir uns daher mit jenen beiden einfachen Beispielen begnügen. Wir würden dabei jene gemischten

---

[1] Volkmann, Ueber Irradiation. *Berichte der Verhandlungen der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften.* Leipzig 1855.

Formen der Irradiation erhalten, die Volkmann a. a. O. S. 134 und 139 bespricht, und halte ich es nicht für unmöglich, auch diese räthselhaften Formen der Irradiation, soweit sie bei normalen Augen und bei scharfer Accommodation zu erhalten sind, aus den Intensitätsgesetzen der Beugung abzuleiten.

Die Versuche, die ich mit jenen feinen hellen oder dunklen Linien an mir selbst und Anderen angestellt habe, gaben, was gegenüber dem Volkmann'schen Versuchen hervorgehoben zu werden verdient, weitaus geringere Schwankungen als diese aufweisen. Der Grund für die erheblichen Schwankungen bei Volkmann dürfte nicht allein darin gelegen haben, dass die wechselnde Intensität der Beleuchtung Einfluss auf die Grösse der Irradiation hat, sondern vielmehr in der Versuchsanordnung selbst. Volkmann benutzt bestimmte Sehweite und verstellbare Mikrometerfäden für die Schätzung des Ausgleiches; er konnte auf diese Weise nie sicher die Resulte jener reinen positiven oder negativen Irradiation meiner Versuche erhalten, sondern musste, da die thatsächliche Breite der hellen und dunklen Räume stets nach dem Belieben des Beobachters wechseln konnte, in den meisten Fällen die Formen der gemischten Irradiation bekommen. Für diese hat die Genauigkeit der Resultate ihre Schwierigkeiten, weil hier feinere Nüancen und Uebergänge bestehen, die das Urtheil erschweren, bez. einen Wechsel in demselben hervorrufen können. Anders ist dieses mit den Resultaten der rein positiven oder negativen Irradiation. Geringe Unterschiede der Beleuchtungsintensität haben kaum eine Wirkung, bedeutende Unterschiede lassen sich leicht ausschliessen, und wenn man die Versuche an Individuen anstellt, die normale Augen und eine ruhige Beobachtung besitzen, dann werden, wie sich gezeigt hat, die Resultate für reine positive und reine negative Irradiation ziemlich genau.

Wir haben uns bisher immer nur an diejenigen Zerstreuungskreise angeschlossen, welche noch bei guter Accommodation unvermeidlich sind. Diejenigen Zerstreuungskreise, welche aus Refractionsanomalien oder mangelhafter Accommodation hervorgehen und entweder jenseits C oder diesseits C' liegen, haben für uns kein Interesse, da sie nicht dazu beitragen das Wesen der Bilderzeugung zu erklären.

Während es beim Auge schwierig war, die durch die Beugung gesetzte Grenze der Penetration zu erreichen, weil eine bequeme Ausnutzung des Raumes durch geeignete Vergrösserungen nicht möglich war, gelingt dieses bei anderen Instrumenten leichter, weil wir jene zu ermittelnden Distanzen durch angemessene Vergrösserungen unserer Retina zugänglich machen können, und so in der Unterscheidung geringer Helligkeitsunterschiede viel weiter kommen. Obgleich wir durch jene Vergrösserung die Helligkeitsunterschiede in proportionaler Weise verringern, so erlangen wir durch dieselbe doch, wie die Beobachtung lehrt, entschiedene Vortheile.

Das Fernrohr.

Um beim Fernrohr den Einfluss der Beugung auf die Penetration gegenüber den anderen Aberrationen nachzuweisen, bediente ich mich eines Objectivs von 33 mm Durchmesser und 360 mm Brennweite. Die kleinste abbildbare Distanz in dem von diesem Objectiv erzeugten Bilde beträgt bei parallel einfallenden Strahlen berechnet $5 \cdot 99^{\mu}$. Bringe ich nun vor die Flamme einer Stearinkerze Linien von $0 \cdot 5$ mm Abstand, die in eine undurchsichtige Schicht geritzt sind, stelle mit dem Fernrohr auf dieselben ein und entferne die Linien bis zum Moment des Verschwindens, dann erhalte ich zwischen ihnen und dem Objectiv eine Entfernung von 24 Meter. Der Bildabstand beträgt hier 365 mm, also die gefundene Distanz der Linien im Bilde $7 \cdot 6^{\mu}$, während die berechnete Distanz bei 365 mm Bildabstand $6 \cdot 07^{\mu}$ beträgt.

Zur Betrachtung des Bildes benutzte ich eine etwa 60malige Mikroskopvergrösserung. Verkleinern wir die Oeffnung des Objectivs durch Abblenden des Randes, so wird dem entsprechend die kleinste abbildbare Distanz grösser und müssen wir bei unserem Versuche deshalb die Linie dem Fernrohr näher bringen.

Wir erhalten bei diesem Versuche genau dieselben Effecte und Uebergänge, wie wir sie bei jenem ersten Mikroskopversuch kennen gelernt haben; nur dass die Stadien wegen der Kleinheit des zu beobachtenden Bildes weniger deutlich zu trennen sind. Doch die bei jenem Mikroskopversuche gemachten Erfahrungen leiten uns auch hier zu sicherer Klarheit; jedenfalls ist der Moment des Verschwindens eine unabhängig für sich zu erfolgende Thatsache und diese Beobachtung gelingt mit genügender Präcision.

Wir haben früher hervorgehoben, dass wir uns für den Nachweis der Wirkungen der Beugung in einem Bilde von allen Einzelheiten der Construction eines Objectivs unabhängig machen können und nur die Form der in einem Bilde wirksamen Strahlenkegel in Betracht zu ziehen brauchen. Daraus geht hervor, dass es für die Wirkungen der Beugung durchaus gleichgültig ist, ob wir es mit einem Refractor oder einem Spiegelteleskop zu thun haben. Auch bei diesen wird die Beugung in gleicher Weise wirksam sein, wie bei dem ersten. Denn wie wir schon früher hervorgehoben, nicht der Rand eines Objectivs ist der für die Beugung wirksame Factor, sondern die Form der Strahlenkegel selbst.

Daher dürfen wir uns auch nicht wundern, dass so grosse Oeffnungen, wie die von 33 mm Durchmesser und noch weit grössere doch deutlich erkennbare Beugungswirkungen haben. Die physikalischen Experimente über Beugung werden meist an sehr kleinen Oeffnungen angestellt, und scheint daher die Vorstellung verbreitet, dass wirksame Beugungseffecte durch enge

Oeffnungen bedingt seien. Dieses ist nicht der Fall, wie unser mit dem Fernrohr angestellter Versuch zeigt. Weil eben nur die Grösse des Projectionswinkels maassgebend für die Grösse der Beugungswirkung ist, so ist hier dieselbe erheblicher, als beim Auge, trotzdem daselbst nur eine Oeffnung von 3 mm Durchmesser zur Wirkung kommt. Doch beim Auge ist das Verhältniss von Durchmesser der Oeffnung und Bildabstand etwa 1:6 und bei unserem Fernrohr war dasselbe wie 1:11, die Cotangente des Projectionswinkels und die Beugungswirkung also etwa doppelt so gross. Darum sind wir auch genöthigt, selbst bei den grössten Fernröhren dieselbe Beugungswirkung anzunehmen. Der Vergleich der verschiedenen Fernrohre zeigt, dass bei allen derartigen Instrumenten der Projectionswinkel annähernd derselbe ist; er beträgt überall annähernd 5 Grad. Die Refractoren, welche von Merz in München angefertigt werden, haben im Objectivdurchmesser und Brennweite meist das Verhältniss von 1:12. Das grosse Spiegelteleskop, das seiner Zeit Herschel benutzte, hatte 48 Zoll Objectivdurchmesser, 40 Fuss Brennweite; das von Ross aufgestellte bei 72 Zoll Objectivdurchmesser 56 Fuss Brennweite. Wir sehen daraus, dass bei allen Fernrohren, bei den grossen sowohl, wie bei den kleinen, die wegen der Beugung kleinste darstellbare Distanz in dem vom Objectiv erzeugten Bilde annähernd dieselbe ist. Damit ist allerdings nicht gesagt, dass auch die Leistung aller Fernrohre dieselbe sei. Drücken wir diese Leistung durch diejenige Winkelgrösse aus, welche wir beim Auge als Sehwinkel bezeichnen, dann ist es klar, dass, wenn auch in den Bildern verschiedener Fernrohre dieselben Distanzen abgebildet werden, diese Distanzen doch sehr verschiedenen Objectdetails entsprechen können; je grösser die Brennweite des Fernrohres ist, desto kleiner ist die Winkelgrösse der kleinsten Distanz im Bilde, desto feinere Objectdetails werden aufgelöst. Darum hängt die penetrirende Kraft der Bilder an sich beim Fernrohr allerdings nur vom Projectionswinkel ab, dagegen die absolute Leistung des Instruments vom Projectionswinkel und der Brennweite.

Darin liegt also der Grund, warum wir unseren Fernrohren einen möglichst grossen Projectionswinkel und eine möglichst grosse Brennweite geben.

Nun werden wir in der Grösse unserer Fernrohre nicht zu weit gehen dürfen; denn wie aus den früher erwähnten drei Sätzen über die Zerstreuungskreise der sphärischen Aberration hervorgeht, nimmt damit auch die Grösse dieser Zerstreuungskreise zu und die Correction wird erschwert. Geringe Mängel der Correction werden daher bei grossen Instrumenten schon erhebliche Wirkungen ausüben, und wird daher durch die Schwierigkeiten der Correction der Grösse der Fernrohre eine Schranke gesetzt.

Allerdings wird jener von uns geführte Nachweis, dass die Abbildung der Bilddetails nur durch die Zerstreuungskreise der Beugung, nicht aber

durch die Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration bewerkstelligt wird, den grossen Fernrohren Chancen für die Auflösung feiner Details einzuräumen, wenn auch wegen der bedeutenden Schwierigkeiten der Correction die Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration erhebliche bleiben sollten. Aber immerhin haben wir gesehen, dass, wenn diese Abweichungen zu sehr überhand nehmen, die Helligkeitsunterschiede so verringert werden, dass dadurch die Deutlichkeit der Details beeinträchtigt wird. Daher werden wir auch bei den Fernrohren nicht nur auf die penetrirende Kraft, sondern auch auf die definirende Rücksicht nehmen.

Die Ansprüche, die wir an die definirende Kraft unserer Fernrohre stellen, sind je nach dem Zweck des Instrumentes sehr verschieden. Wir unterscheiden dem Gebrauche nach die terrestrischen Fernrohre von den astronomischen. Mit den ersteren wollen wir uns die gewöhnlichen auf der Erdoberfläche vorhandenen Gegenstände zugänglich machen. Die hier sich darbietenden Bilder sind ausserordentlich mannigfaltig; es sind häufig nicht gerade die feinsten Details, sondern oft mehr die Nüancirungen der Schatten und Umrisse, welche uns einen fernen terrestrischen Gegenstand erkennbar machen. Ferner sind wir durch das Sehen mit blossem Auge daran gewöhnt, die terrestrischen Dinge mit einer bedeutenden Schärfe, mit guter Definition zu sehen. Daher werden für die gewöhnlichen terrestrischen Zwecke die grossen und grössten Fernrohre kaum verwerthbar sein, da ihre definirende Kraft bei gleicher Güte der Fabrikation schlechter ist als die der kleineren Instrumente; und werden wir daher diese für terrestrische Zwecke vorziehen, da die Ansprüche, die wir hier an die definirende Kraft der Bilder erheben, bedeutender sind.

Anders die astronomischen Fernrohre. Hier sind es die feinsten Details, meist Lichtpunkte, die uns interessiren. Diese überhaupt unterscheiden zu können, ist hier der wichtigste Zweck und wir opfern diesem Zwecke, wenn es sein muss, gerne die Schärfe der Bilder. Wir kommen hier häufig mit sehr geringen Helligkeitsunterschieden aus, um unseren Zweck zu erreichen und können auf diese Weise die Vortheile der grossen und grössten Fernrohre, die diese in Bezug auf die penetrirende Kraft darbieten, ausnutzen, wenn auch die sphärische und chromatische Aberration eben wegen dieser Grösse nur mangelhaft corrigirt werden konnte. So ist es bekannt, dass viele astronomische Details nur mit so geringen Helligkeitsunterschieden wahrnehmbar werden, dass nur besondere Vorsichtsmaassregeln die Unterscheidung derselben ermöglichen. Hat man soeben einen Stern von erheblicher Grösse d. h. von relativ bedeutender Luftintensität beobachtet, dann muss zuweilen die Retina eine Zeit lang ausruhen, wenn gleich darauf Sterne geringerer Grösse beobachtet werden sollen. Zuweilen projicirt man

das Bild lichtschwacher Sterne auf mehr peripherische Theile der Netzhaut, weil, wie Aubert[1] sich ausdrückt, sie sich bei astronomischen Beobachtungen leicht in einem Adaptionszustand für grössere Dunkelheit befinden, sie also für den vorliegenden Grad nutzbarer sind, trotzdem ihre Sehschärfe geringer ist, als die des Centrums der Retina; die Raumunterschiede können durch das Ocular leicht gross genug gemacht werden, um auch von den mehr peripherischen Theilen der Netzhaut wahrgenommen zu werden, nicht jedoch die Helligkeitsunterschiede, um von dem ermüdeten Centrum der Retina empfunden zu werden. Aus Allem diesem sehen wir, dass bei den astronomischen Fernrohren noch die Grenzen der Helligkeitsunterschiede nutzbar sind; wir werden daher die penetrirende Kraft der astronomischen Fernrohre in viel weiterem Maasse ausnutzen können und darum sind für astronomische Zwecke die grossen und grössten Fernrohre geeigneter als die kleinen, trotz ihrer schlechten Definition.

Noch ein zweiter Umstand lässt sich aus denselben Gründen ableiten; es ist das der Gebrauch der Ocularvergrösserungen. Wir wählen, weil wir an die definirende Kraft der terrestrischen Fernrohre meist höhere Ansprüche stellen, hier gewöhnlich schwächere Oculare, während bei den astronomischen weit stärkere verwendbar sind, um die penetrirende Kraft bis zur äussersten Grenze auszunutzen.

Die Schwierigkeiten in der Herstellung grosser Fernrohre beruhen neben der früher erörterten Empfindlichkeit derselben gegenüber geringen Aberrationsresten noch in dem technischen Kräfteaufwande, den dieselben erfordern. Es soll sehr schwer sein, grosse Glasmassen von der Homogenität der Lichtbrechung herzustellen, wie sie für diesen Zweck erforderlich ist und ebenso werden Spiegel von den vorher erwähnten Dimensionen bedeutende Schwierigkeiten in ihrer Herstellung bereiten.

Mit wie schlechter definirender Kraft man aber bei diesen grossen Fernrohren noch erfolgreiche astronomische Beobachtungen machen kann, das mag folgendes Beispiel zeigen. Nehmen wir an, dass Herschels sphärischer Spiegel in seiner Ausführung vollkommen gewesen sei, so beträgt der Durchmesser der in der Hauptbrennweite entstehenden Zerstreuungskreise berechnet 380 μ, während die wegen der Beugung kleinste Distanz gleich $5 \cdot 5\,\mu$ ist. Nehmen wir noch die unvermeidlichen Mängel der technischen Ausführung hinzu, die bei diesen Dimensionen gewiss einen bedeutenden Theil des Spiegellichtes diffus über das Bild verbreitet haben, so ergiebt sich daraus, dass nur mit Hülfe jener getrennten Thätigkeit der Zerstreuungskreise eine erhebliche Penetration möglich ist.

In wie weit durch so grosse Objective die Erkennbarkeit einzelner Ob-

[1] Aubert, Physiologische Optik. S. 196. (Graefe und Sämisch, *Handbuch der Augenheilkunde*.)

jecte z. B. schwachleuchtender Nebelflecke gefördert werden kann, darauf wollen wir hier nicht weiter eingehen. Es ist möglich, dass mit Hülfe schwacher Oculare die durch grosse Objective erfolgende starke Lichtanhäufung hier von Nutzen ist.

Wenn die Schwierigkeiten der Correction je nach den verschiedenen Zwecken eines Fernrohres verschieden einwirkten auf die Grösse desselben, so haben sie noch eine andere Bedeutung für die Form dieses Instrumentes: sie bestimmen auch die gegenseitigen Verhältnisse der Dimensionen, die wir einem Fernrohr geben, sie bestimmen das Verhältniss zwischen Durchmesser des Objectives und Brennweite.

Da wir beim Fernrohr für die absolute Leistung desselben keinen genaueren Ausdruck haben, als den Winkel ψ und da $\sin \psi = \frac{\lambda}{d}$ ist, mithin die absolute Leistung eines Fernrohres allein vom Durchmesser des Objectives abhängt, so ist es für die penetrirende Kraft des Fernrohres gleichgültig, welche Brennweite wir demselben geben, wenn nur der Objectivdurchmesser derselbe bleibt. Die Eigenschaften des Bildes wechseln dabei, jedoch nicht die Leistungen des Instrumentes. Wenn wir daher vorher die Leistungen des Fernrohres abhängig machten von der Grösse des Projectionswinkels und der Brennweite, so können wir jetzt für beides den Objectivdurchmesser setzen, der jene beiden Factoren in sich einschliesst. Denn haben wir bei einem Fernrohr bei gleichem Objectivdurchmesser eine halb so grosse Brennweite, als bei einem anderen, so ist im ersten Falle auch δ halb so gross, als im zweiten; die Winkelgrösse von δ bleibt sich jedoch gleich, also auch die absolute Leistung.

Für die Leistung eines Fernrohres ist es also gleichgültig, welches Verhältniss wir zwischen Objectivdurchmesser und Brennweite wählen, nicht jedoch für die Correction desselben. Nach dem zweiten jener früher erwähnten Sätze über die sphärische Aberration würden bei der halb so grossen Brennweite die Zerstreuungskreise derselben einen 4mal grösseren Durchmesser haben als im anderen Falle. Es erleichtert daher die längere Brennweite bei gleichem Objectivdurchmesser die Correction im quadratischen Verhältniss der Verlängerung und werden wir daher die längere Brennweite vorziehen. Wir werden allerdings durch die grössere Brennweite den Projectionswinkel verkleinern und dadurch die Lichtstärke des Bildes herabsetzen und daher in der Vergrösserung der Brennweite nicht zu weit gehen dürfen. Die Erfahrungen der Techniker scheinen darauf hin zu deuten, dass eine im Verhältniss zur Objectivbreite 10 bis 12 Mal grössere Brennweite neben genügender Lichtstärke die besten Chancen für die Correction bietet, da sie einen Projectionswinkel von 5 Grad so bevorzugen. Ob es der Technik gelingen wird, diese Winkelgrösse mit derselben Tüch-

tigkeit der Correction wesentlich zu überschreiten, das muss die Zukunft lehren; es wäre damit eine Erhöhung der Lichtstärke und mit Beibehaltung derselben Brennweite auch eine Erhöhung der penetrirenden Kraft verbunden. Wie überall, so ist auch beim Fernrohr der grösste Projectionswinkel der beste, aber nur so weit, als es eine genügende Correction zulässt. Gegen früher sind jedenfalls Fortschritte gemacht worden; die älteren Refractoren hatten oft recht kleine Projectionswinkel, weil man es noch nicht verstand, grosse Oeffnungen genügend zu corrigiren, und war deshalb Penetration und Lichtstärke dieser Fernrohre eine geringe; noch Fraunhofer fertigte die Refractoren mit dem Verhältnisse 1:18 an, während sein Nachfolger Merz bereits das Verhältniss 1:12 mit Erfolg ermöglicht.

Dass die penetrirende Kraft des Fernrohres von der Weite der Objectivöffnung abhängt, ist eine längst durch die Erfahrung festgestellte Thatsache. Man hätte ja sonst leicht die sphärische und chromatische Aberration dadurch verbessern können, dass man nur Objective von geringem Durchmesser benutzte. Doch wusste man wohl, dass man dadurch die Leistungen in hohem Grade schädigte. Nach der bisherigen Auffassung nun sollte diese Wirkung der grösseren Objectivöffnung in der durch dieselbe bedingten grösseren Lichtstärke beruhen. Indem wir von einem Object durch eine grössere Objectivöffnung mehr Lichtstrahlen zu dem Bilde gelangen lassen, sollte daraus ein feineres Detail des Bildes resultiren. Die Lichtstärke eines Fernrohres ist gewiss eine schätzenswerthe Eigenschaft desselben, besonders wenn es sich darum handelt, schwachleuchtende Objecte sichtbar zu machen. Wir haben bereits die Möglichkeit zugegeben, dass die den grossen Objectiven eigene starke Lichtanhäufung auch abgesehen von der Lichtstärke des Bildes für das Erkennen einzelner Objecte, wie schwachleuchtender Nebelflecke, von Nutzen sein kann, und scheint Herschel besonders mit Rücksicht hierauf den Begriff der Penetration erfunden zu haben. Das, was wir jedoch seit Goring unter Penetration verstehen, ist die Unterscheidung feiner dicht neben einanderliegenden Details; diesen Begriff mit der Lichtstärke zu identificiren, erscheint mir nicht gerechtfertigt.

Stelle ich in dem angeführten Fernrohrversuche das Fernrohr auf die Linien so ein, dass ich dieselben eben noch sehe, und blende den Rand der Objectivöffnung um ein geringes ab, dann kann ich statt der Stearinkerze die hellste Gasflamme, sogar elektrisches Licht hinter die Linien setzen und vermag sie doch nicht aufzulösen. Das giebt mir den unzweideutigsten Beweis, dass Lichtstärke und Penetration zwei ganz verschiedene Dinge sind. Die Lichtstärke mag die Deutlichkeit eines Bildes erhöhen; bedarf doch unser Auge einer gewissen Intensität und eines gewissen Intensitätsunterschiedes, um feine Details aufzufassen; aber sie bewirkt noch nicht die Abbildung der Details, wie wir uns durch die Verstärkung der Lichtquelle und

durch die Verkleinerung der Objectivöffnung überzeugt haben. Und ob ich die Objectivöffnung vergrössere oder die Lichtquelle in ihrer Intensität erhöhe, das dürfte für die Erhöhung der Lichtstärke eines Bildes wohl sich gleich bleiben. Die Lichtstärke eines Bildes macht sich in zweierlei Hinsicht merkbar, erstens in der allgemeinen Helligkeit des Gesammtbildes, zweitens in der Grösse der Helligkeitsunterschiede. Beides wird durch Vergrösserung der Objectivöffnung und Verstärkung der Lichtquelle in gleicher Weise erhöht. Habe ich in einem Bilde einen hellen Punkt mit der Intensität x und einen weniger hellen mit der Intensität y, so beträgt die Differenz der Intensität $x - y$. Vergrössere ich nun den Flächeninhalt der Oeffnung auf das Doppelte, so wird diese Differenz $2x - 2y$, also werden die Helligkeitsunterschiede, ebenso wie die allgemeine Helligkeit der Bilder verdoppelt. Denselben Effect aber erziele ich auch, wenn ich statt der Oeffnung die Intensität der Lichtquelle verdoppele; auch dann erhalte ich neben der doppelten allgemeinen Helligkeit des Bildes eine doppelte Grösse des Contrastes. Beides ist gewiss in vielen Fällen wichtig; doch wenn nicht durch die anderweitigen uns bekannten Bedingungen überhaupt Helligkeitsunterschiede der Details gegeben sind, dann kann man die Lichtstärke des Bildes erhöhen, wie man will, man wird doch dem Bilde nichts hinzufügen können, und wenn einmal die Intensitätsgrössen, wie bei unserem Mikroskopexperiment, sich ausgeglichen haben, dann wird eine Erhöhung der Lichtstärke daran nichts zu ändern vermögen. Unsere letzte einfache Versuchsabänderung beweist deutlich, dass die Penetration als solche mit der Lichtstärke nicht im Zusammenhang steht, sondern dass vielmehr die Grösse der Objectivöffnung insofern Einfluss auf die penetrirende Kraft ausübt, als von ihr die Grösse des Projectionswinkels und damit auch die Grösse der Zerstreuungskreise der Beugung abhängt. Wir müssen daher auch beim Fernrohr die Beugung als den für die Bilderzeugung wichtigsten Factor und als die Ursache der Penetration anerkennen, wir können anderen Momenten, wie der Lichtstärke, hierfür nur eine nebensächliche Bedeutung beilegen.

Die Camera.

Um bei der Camera die penetrirende Kraft mit der berechneten Grösse von δ vergleichen zu können, bediente ich mich eines Aplanats von Steinheil, dessen Durchmesser $74 \cdot 5^{mm}$ und dessen Brennweite 538^{mm} betrug. Die Oeffnung blendete ich bis auf 58^{mm} ab, und stellte auf Silberlinien ein, deren Abstand 14^{μ} betrug; das Bild betrachtete ich mit etwa 70maliger Mikroskopvergrösserung. Entfernte ich die Linien bis zum Mo-

ment des Verschwindens, so betrug die Entfernung derselben vom optischen Centrum 1300 mm, der Bildabstand 1180 mm, die Distanz der Linien im Bilde 12·7 μ, die berechnete Grösse von δ 11·3 μ. Auch hier wird also die berechnete Grösse von δ annähernd erreicht.

Die Verwendung der Cameraobjective bringt es mit sich, dass wir ihre Leistungen von ganz anderen Gesichtspunkten aus beurtheilen, wie die der anderen Instrumente. Der Photograph verlangt von seinen Objectiven, dass er damit neben möglichst kurzer Expositionszeit scharfe Malerei erlange. Bei den anderen optischen Instrumenten ist uns die Schärfe des Bildes in grösserer Entfernung von der optischen Axe ziemlich gleichgültig; dagegen stellen wir bei denselben an die Definition des Bildes in der Nähe der optischen Axe höhere Ansprüche. Die Bilder des Photographen gelten für gut, wenn sie in der gewöhnlichen Sehweite betrachtet, genügende Schärfe zeigen. Bei allen anderen optischen Instrumenten vergrössern wir das Bild durch mehr oder weniger starke Oculare; beim Auge selbst erhalten wir, die Sehweite zu 20 cm angenommen, dadurch eine 13 fache Vergrösserung, dass wir das Bild direct auf der Retina haben. Durch die Vergrösserung wird die Definition in proportionaler Weise verringert, unsere Ansprüche an die Schärfe des Bildes sind desshalb überall grösser, als bei der Camera. Dagegen ist es für die Herstellung der Cameraobjective eine nicht zu unterschätzende Schwierigkeit, die Schärfe des Bildes auch weit ausserhalb der optischen Axe gleich zu erhalten.

Da, wie es in der Verwendung des Instrumentes liegt, die penetrirende Kraft desselben kaum eine Bedeutung hat, so dient die Grösse des Projectionswinkels der Camera nur dazu, um die Lichtstärke der Bilder zu erhöhen; diese kürzt die Expositionszeit ab und macht unsere heutigen photographischen Methoden leistungsfähiger.

Die wesentlichen Erfordernisse für die Camera sind daher gute Correction für alle Bildtheile, kurze Brennweiten, grosse Objectivdurchmesser. Weil unsere Ansprüche an die Definition der Bilder hier geringer sind, so erreicht der Projectionswinkel hier eine Grösse, wie bei keinem anderen Instrument. Die kleineren Objective erlangen zwischen Objectivdurchmesser und Brennweite ein Verhältniss von 1:3, die mittleren und grösseren 1:5 Allerdings wird beim Gebrauch der Objectivdurchmesser durch eingeschobene Blenden meist erheblich verringert, weil bei dieser Objectivbreite und bei dieser Kürze der Brennweite auch die geringeren Ansprüche an die Definition der Bilder meist nicht mehr erreicht werden. Wie sehr hier die Schwierigkeiten der Correction wachsen, geht aus dem dritten der früher angeführten Sätze über die sphärische Aberration deutlich hervor.

Der Photograph unterscheidet an seinen Bildern drei Eigenschaften: die Schärfe, die Tiefe, die Plastik. Die Schärfe ist die definirende Kraft

der Bilder; vermag er mit einem Objectiv einen weiten Raumwinkel mit guter Schärfe auch der ausserhalb der optischen Axe gelegenen Bildtheile zu umfassen, so nennt er dieses die Tiefe des Bildes; die Plastik der Bilder besteht darin, dass sie nicht nur die herben Contraste der Gegenstände zeigen, sondern auch die feineren Nüancirungen, die sogenannten Mitteltöne. Während die Schärfe und Tiefe der Bilder allein von der Güte der Correction abhängt, nimmt die Plastik mit der Grösse des Projectionswinkels zu. Die damit verbundene Vergrösserung der Lichtstärke bewirkt auch, wie wir beim Fernrohr gesehen haben, grössere Helligkeitsunterschiede und bedingt dadurch das Hervortreten der Mitteltöne. Einfache Contraste kann der Photograph auch durch seine chemischen Methoden hervorrufen und in fast beliebiger Stärke erzielen, aber die Abstufungen und Nüancen der Contraste, von denen die Plastik des Bildes abhängt, erreicht er nur durch die Lichtstärke des Bildes. Da er zu grelle Beleuchtung der Objecte wegen des Schönheitsprincips seiner Bilder vermeiden muss, und weil er oft geradezu mit Lichtmangel zu kämpfen hat, wie ihn die vielen trüben Tage des Jahres erzeugen, so hat die Grösse des Projectionswinkels für ihn eine hervorragende Bedeutung.

Will der Photograph nur ein scharfes Bild erzielen, um etwa die Haare eines grossen Bartes darzustellen, dann nimmt er kleine Blenden; handelt es sich jedoch um ein jugendliches Gesicht, dessen runde weiche Formen plastisch hervortreten sollen, dann wendet er grosse Blenden an. Und diesen Effect der weichen Mitteltöne nennt er die Plastik seiner Bilder.

Es ist nicht zu leugnen, dass die künstlerische Vollendung der heutigen Photographie[1] insbesondere auf der Verwendung grosser Projectionswinkel beruht, die durch die technischen Leistungen der Correction ermöglicht werden.

Der grosse Unterschied gegen die frühere Zeit ist ausserdem noch dadurch bedingt, dass die photographischen Methoden empfindlicher und dadurch empfänglicher für geringe Helligkeitsunterschiede geworden sind. Unsere jetzigen Methoden arbeiten mit einer Weichheit der Mitteltöne, wie sie kaum eines Zeichners Hand hervorbringen kann, und erreichen daher auch ohne den Farbeneffect sehr günstige Erfolge. Das Streben des Photographen nach noch empfindlicheren Methoden ist daher ein sehr gerechtfertigtes.

Also grosse Projectionswinkel neben ausreichender Correction und empfindliche Methoden sind die Ziele des Photographen.

---

[1] Diese künstlerische Vollendung findet sich allerdings nicht in der grossen Zahl der durch übermässige Retouche verdorbenen Machwerke, wohl aber wird sie in geschickter Hand und bei richtiger Ausnutzung der Kräfte unserer heutigen Objective erreicht.



Die von dem Projectionswinkel und der Beugung abhängende penetrirende Kraft der Bilder hat für unsere gewöhnlichen Photographien keine Bedeutung, da die Details, die wir hier erreichen wollen und erreichen, noch weit entfernt sind von denjenigen, die der Grösse des Projectionswinkels entsprechen. Wollen wir jedoch auch in der Photographie die Wirkungen des Projectionswinkels in dieser Richtung kennen lernen, dann müssen wir extreme Grössen desselben in ihren Wirkungen vergleichen. Wir betrachten zu diesem Zwecke neben einander drei Photographien, die vermittelst möglichst guter Objective und mit Projectionswinkeln von etwa 50 Grad, 10 Grad und weniger als einem Grad angefertigt sind. Für den ersten Fall wählen wir eine jener kleinen Pariser Photographien, wie sie in Verbindung mit einer stark vergrössernden Lupe als Luxusgegenstand in den Handel kommen. Haben wir eines der besseren Sorte jener Bildchen vor uns, so sehen wir noch bei erheblicher Vergrösserung auf etwa einem Quadratmillimeter eine Unmasse feinster Details scharf und kräftig ausgeprägt. Diese Bildchen werden vermittelst eines Mikroskopobjectivs so angefertigt, dass das Object sich in einiger Entfernung vom Objectiv, das Bild sich in der vorderen Brennweite derselben befindet. Ein Oeffnungswinkel, der hier zugleich als Projectionswinkel benutzt wird, genügt, um derartige Photographien anzufertigen, dass dieselben noch bei erheblicher Vergrösserung scharf und detaillirt erscheinen. Diese Photographien übertreffen häufig an Schärfe und Dichtigkeit die Bilder des Auges, und darf uns das nicht wundern, da jedes Luftbild, welches mit einem Projectionswinkel über 10 Grad und unter sonst günstigen Umständen erzeugt ist, mehr leistet, als dieses.

Die Bilder des Portraitphotographen stechen dagegen schon wesentlich ab. Die dem Letzteren zu Gebote stehenden Projectionswinkel sind wesentlich geringer und werden von ihm im seltenen Falle 10 Grad, häufig weniger benutzt. Die Detailkraft der Photographien ist daher auch bei weitem nicht die jener mit 50 Grad angefertigten. Für das Anschauen mit blossem Auge sind die Bilder noch genügend; eine Vergrösserung vertragen sie nicht mehr, sie erscheinen dann matt und inhaltsleer.

Vergleichen wir nun gar damit die Erfolge der Mikrophotographie, dann lernen wir wohl die Wirkungen des Projectionswinkels in ihrem vollen Umfange kennen. Bei einer irgend erheblichen Vergrösserung ist der Projectionswinkel bereits sehr klein; so beträgt er bei 300facher Vergrösserung und einem Oeffnungswinkel von 110 Grad für die Luft nach jener Formel

$$\delta \cdot \sin \alpha = \varepsilon \cdot \sin \alpha'$$

berechnet, etwa 20 Minuten. Fertigen wir bei dieser Vergrösserung eine Photographie an, dann können wir sehr zufrieden sein, wenn wir rohe Li-

nienabdrücke und Schattenrisse auf unserer photographischen Platte erhalten; eigentliche Bildkraft verlangen wir von unseren Mikrophotographien gar nicht; die Bilder erscheinen, wenn sie auch ihrem Zwecke entsprechen mögen, als Bilder an sich betrachtet, schon für das Anschauen mit blossem Auge matt und inhaltsleer.

Derartige Unterschiede lassen sich aus den Unterschieden der Correction allein nicht erklären, sondern wir müssen dann noch die Beugungswirkung zu Hülfe nehmen.

Es beruht auf der Trägheit unserer photographischen Methoden, dass unsere photographischen Darstellungen bei weitem nicht alle Feinheiten des auf die empfindliche Platte projicirten Luftbildes wiedergeben.[1] Vergleichen wir jene drei Photographien mit den am Orte der empfindlichen Platte vorhandenen Luftbildern, so zeigen sich diese viel reichhaltiger. Wird der Platte durch einen grossen Projectionswinkel ein Uebermaass von kräftigen Details geboten, so kann selbst jener durch die Photographie ausgenutzte Theil sehr tüchtig sein; sind die Bilder jedoch an und für sich schon schwach, wie in der Mikrophotographie, so sind die Resultate, wie die Erfahrung lehrt, sehr mangelhaft. Am günstigsten stellen sich hier noch die Bilder mit einfachem Contrast, wie ihn die Diatomeen und andere Linienobjecte haben; da es sich hier um keine Mitteltöne handelt, so vermag man durch die Hervorrufungs- und Verstärkungsmethoden diesen einfachen Contrast leichter festzuhalten und zu erhöhen. Wollen wir jedoch einen Schnitt thierischen Gewebes wiedergeben, so ist es viel schwieriger, die vielfachen Abstufungen des Contrastes, aus denen sich solche Bilder zusammensetzen, zu fixiren; es gelingt hier viel schwerer, uns in den Bildern der Natur des Objectes zu nähern, besonders da unsere photographischen Methoden die Eigenthümlichkeit haben, in ihren Leistungen um so rapider abzunehmen, je mehr sich die Helligkeitsunterschiede, sei es in Folge des kleinen Projectionswinkels, sei es in Folge der Schwierigkeit der Beleuchtung, sei es wegen der Natur der Objecte, verringern.

Man hat in der Mikrophotographie zuweilen solche Details photographisch darzustellen vermocht, die mit dem Auge schwer zu erreichen waren und hat daraus den Schluss gezogen, dass die Mikrophotographie berufen sei, die Grenzen des Sehens zu erweitern und neue Gebiete der Wissenschaft aufzudecken. Weil die empfindliche Platte gerade durch die Lichtstrahlen kürzester Wellenlänge erregt werde, durch das Licht, welches für unser

[1] Nach Reichardt und Stüremberg „beruht die Zukunft der mikroskopischen Photographie im Wesentlichen auf der Auffindung eines Ueberzuges auf Glas, welcher porenfrei ist". Nun, unsere photographischen Niederschläge und Poren sind schon fein genug, wenn nur das Uebrige stimmte und wenn nur der Projectionswinkel nicht gar so klein wäre. *Lehrbuch der mikroskopischen Photographie.* S. 62.



Auge bereits wenig oder gar nicht zugänglich ist, so sei damit die Möglichkeit gegeben, unsere Forschung nach dorthin dringen zu lassen, wo das Auge selbst bereits den Dienst versagt. Diese Möglichkeit ist nun keineswegs abzuleugnen; doch lehrt demgegenüber die Erfahrung, dass unsere heutige Photographie auch nicht annähernd das zu leisten im Stande ist, was das Auge leistet. Die Retina ist gegenüber feinen Abstufungen der Helligkeitsunterschiede ausserordentlich viel empfindlicher, als unsere besten bisherigen Methoden der Photographie. Jene vereinzelten grösseren Erfolge derselben beziehen sich auf jene Linienobjecte mit einfachem Contrast, den wir, wie schon erwähnt, durch die Hervorrufungs- und Verstärkungsmethoden eventuell künstlich vermehren können. Im Uebrigen steht die Empfindlichkeit- und Leistungsfähigkeit der Retina weit über der unserer bisherigen photographischen Methoden und dürfte von denselben wohl schwerlich jemals erreicht werden.

Das Mikroskop.

Während es bei den bisher abgehandelten Instrumenten leicht gelingt, das Wesen der ihnen eigenthümlichen Bilderzeugung aus dem Wirken der Zerstreuungskreise der Beugung, der sphärischen und chromatischen Aberration abzuleiten, ist dieses beim Mikroskop, zu dem wir uns jetzt wenden wollen, schwieriger, weil die hier obwaltenden Verhältnisse complicirter sind. Wohl kein optisches Instrument hat eine so vielseitige Bearbeitung gefunden; bei keinem Instrument jedoch sind die Bemühungen so resultatlos geblieben, wie beim Mikroskop, weil man die Eigenthümlichkeiten der mikroskopischen Bilderzeugung aus den verschiedensten Momenten zu erklären versucht hat, nur nicht aus der Thätigkeit der im Bilde wirksamen Zerstreuungskreise.

Wir wollen es versuchen, zunächst einen kurzen Ueberblick über die Entwickelung des Mikroskops und die bisherigen Anschauungen über die mikroskopische Bilderzeugung zu geben, und dann versuchen, das Wesen der mikroskopischen Bilderzeugung aus den Kenntnissen heraus abzuleiten, die wir auf Grund jener Beobachtungen über die Wirkungen der Zerstreuungskreise der Beugung, der sphärischen und chromatischen Aberration gewonnen haben, und die zu dem Resultat geführt haben, dass die penetrirende Kraft der Bilder unabhängig sei von den Zerstreuungskreisen der sphärischen und chromatischen Aberration und abhängig von den Zerstreuungskreisen der Beugung, die definirende Kraft dagegen in den ersteren ihre Quelle habe.

Das Mikroskopobjectiv in seiner ältesten Form haben wir uns vorzuzustellen als eine einfache Crownglaslinse von kurzer Brennweite, vermittelst deren man von einem in der Nähe der vorderen Brennweite befindlichem Object ein vergrössertes Bild entwarf; dieses Bild betrachtete man mit einer Lupe, einem Ocular, und hatte damit das zusammengesetzte Mikroskop. Der erste wesentliche Fortschritt geschah, wie beim Fernrohr, so beim Mikroskop, durch die Verwerthung achromatischer Linsen. Man lernte allmählich auch kleine achromatische Linsen schleifen und zusammensetzen: indem man dann mehrere gleichartige zu einem Objectiv zusammenschraubte, erreichte man erhebliche Vergrösserungen und gute Bilder. Diese nutzbare Verwerthung der Achromasie geschah jedoch erst in unserem Jahrhundert und ist daher die Geschichte des Mikroskops, als die eines wissenschaftlichen Instruments, keine so alte. Die Form der aus gleichartigen achromatischen Linsen zusammengesetzten Objective wurde dann, wahrscheinlich zuerst von Amici dahin geändert, dass man als die dem Object zunächst liegende Linse eine einfache kleine Halbkugel aus Crownglas nahm und darüber 2, bez. 3 Doppellinsen fügte, die an Durchmesser zunahmen, und die nicht nur für sich selbst die Achromasie besorgten, sondern durch ein Uebermaass auch die der halbkugeligen Frontlinse übernahmen. Eine weitere Form des Mikroskopobjectivs, wie sie heute bei Immersionslinsen bereits sehr verbreitet ist, und die von Tolles herrührt, ist die, dass man zwei einfache Crownglaslinsen als Frontlinsen benutzt, von denen eine eine kleine Halbkugel, die andere eine grössere Planconvexlinse ist, und darüber zwei Doppellinsen setzt, denen die Herstellung der Achromasie zufällt,

Als wesentliche Punkte in der Entwickelung des Mikroskopobjectivs sind zu bezeichnen: die Kenntniss von dem Einfluss der Deckgläschen, die Einführung der Immersion, die Erkenntniss von der Bedeutung des Oeffnungswinkels. Sie haben alle ihren Anfang in den Bestrebungen von Amici gefunden, wenn auch die weitere Ausbildung der neueren und neuesten Zeit angehört, und da Amici auch wahrscheinlich die halbkugelige Frontlinse eingeführt hat, von der unsere Leistungen auf dem Gebiete der mikroskopischen Technik überhaupt abhängen, so können wir ihn füglich als den Begründer unseres heutigen Mikroskops ansehen.

Der Einfluss der Deckgläschen erklärt sich aus jenen bekannten Erscheinungen, die beim Uebergang der Strahlen aus einem dichteren in ein dünneres Medium sich darbieten. Betrachten wir ein Object, welches unter einer zolldicken Glasplatte liegt, mit blossem Auge, so sehen wir es bei senkrechter Stellung unseres Auges zur Platte in ziemlich richtiger Tiefe liegen. Entfernen wir das Auge von der senkrechten, so hebt sich das Object, und wenn wir mit dem Auge in der Ebene der oberen Fläche der Glasplatte sind, so sehen wir das Object dicht an dieser Oberfläche liegen,

also einen Zoll höher als vorher, Es ergiebt sich daraus ein Strahlengang, der mit dem der sphärisch aberrirenden Linsen übereinstimmt und die Längenabweichung dieser Aberration der Deckgläschen ist, wie jene Beobachtung zeigt, sobald das Object der unteren Fläche des Deckgläschens anliegt, gleich der Dicke derselben. Mit der Würdigung dieses Einflusses der Deckgläschen lernte man die Objective für eine bestimmte Dicke derselben corrigiren und erfüllte so ein Haupterforderniss der Mikroskopie.

Mit der Einführung der Wasserimmersion wurde dieser Einfluss der Deckgläschen bedeutend gemildert; die Strahlen kamen nun nicht mehr aus Glas in Luft, sondern aus Glas in Wasser und damit wurde die Aberration der Deckgläschen geringer. Doch ist dieser Vortheil der Immersion nur ein geringfügiger, da es leicht ist die Objective für bestimmte Deckglasdicken zu corrigiren. Der wesentliche Vortheil der Immersion beruhte darauf, dass nun die Strahlen nicht mehr bei dem Austritt aus den Deckgläschen eine so bedeutende Divergenz erlangten, wie ohne Immersion. Da der Winkel der totalen Reflexion für Glas und Luft etwa 49 Grad beträgt, so treten die von den Objectpunkten ausgehenden Strahlenkegel nur bis zu einer Divergenz von 82 Grad durch das Deckgläschen durch und diese 82 Grad gingen oberhalb des Deckgläschens in eine Divergenz von 180 Grad über; die übrigen 98 Grad gingen so der Bilderzeugung vollständig verloren. Durch die Immersion erlangte man erstens die Möglichkeit weitere Strahlenkegel der Objectpunkte aufzunehmen, zweitens wurde durch die geringere Divergenz der Strahlen, die in ein Objectiv eintreten, die Herstellung und Correction der Objective sehr erleichtert. Wollte man ein Trockenobjectiv auf 180 Grad Oeffnungswinkel bringen, so mussten Objectiv und Deckglas sich berühren und die ganze halbkugelige Frontlinse in Thätigkeit treten. Die geringere Divergenz der Strahlen bei Immersion erweiterte den Abstand des Objectives, hob den übermässig schiefen Einfall der Strahlen in das Objectiv auf, verminderte dadurch die sphärische und chromatische Aberration und erleichterte die Correction. Hierbei leistete diese geringere Divergenz der Strahlen dasselbe, wie der grosse Oeffnungswinkel der Trockenobjective; denn jene von Helmholtz aus einem Gesetze von Lagrange abgeleitete Formel lautet vollständig $n \cdot \delta \cdot \sin \alpha = n' \cdot \varepsilon \cdot \sin \alpha'$, wo $\delta, \alpha, \varepsilon, \delta'$ die bekannten Werthe, n und n' die Brechungsindices der Medien darstellen, in denen sich die Lichtstrahlen hinter und vor dem Objective bewegen.

Wir thun am einfachsten, uns das Deckgläschen und das Medium zwischen demselben und dem Objectiv als integrirende Bestandtheile des letzteren aufzufassen; es wird uns dann mit Hülfe jener Formel leicht, die Vortheile der Immersion zu verstehen.

Einen Fortschritt der neuesten Zeit bildet die von Stephenson her-

rührende sogenannte homogene Immersion, d. h. die Anwendung von Immersionsflüssigkeiten, deren Brechungsindex gleich dem des Glases ist. Durch diesen höheren Brechungsindex wurde wiederum eine Vergrösserung des Oeffnungswinkels und eine Erleichterung der Correction ermöglicht. Leider wird der Gebrauch derartiger Objective dadurch eingeschränkt, dass bei den wichtigsten mikroskopischen Untersuchungen, nämlich bei den Untersuchungen lebender oder frischer Gewebe die Objecte sich in Wasser oder Lymphe u. s. w. und zwar meist in einiger Entfernung vom Deckglas befinden, und dieser Umstand ist der Correction der Objective nicht angemessen und darum störend. Hier erscheinen die Wasserimmersionen zuverlässiger, da bei diesen die Entfernung solcher Objecte vom Deckglase von geringerer Wirkung ist.

Die wichtigsten Bestrebungen auf dem Gebiete der Mikroskopie galten jedoch der Vergrösserung des Oeffnungswinkels. Als man es gelernt hatte, kleine achromatische Linsen zu schleifen und sie so zusammen zu setzen, dass daraus kurze Brennweiten und stärkere Vergrösserungen resultirten, lernte man auch den Winkel derjenigen Strahlenkegel bestimmen, welche von den Objectpunkten aus in das Objectiv eintreten konnten. Die Erfahrung lehrte nun, dass Objective mit grösserem Oeffnungswinkel mehr leisteten, als solche mit kleinerem, und Goring identificirte darauf hin, wie früher erwähnt, die penetrirende Kraft des Mikroskops mit der Grösse des Oeffnungswinkels desselben, während er die definirende Kraft von der Güte der Correction abhängig machte. So haben die englischen Optiker bereits frühe Trockenobjective mit grossem Oeffnungswinkel angefertigt und auf dem Continent hat insbesondere Hartnack durch die Anfertigung von Immersionslinsen mit grosser Oeffnung sich Verdienste erworben. Die Objective kamen dadurch bereits auf die Höhe der ihnen möglichen Leistungen.

Vergleichen wir die heutigen Objective verschiedener Brennweite, so zeigen die schwachen jenen alten Typus der Zusammensetzung aus 2 oder 3 ziemlich gleichartigen achromatischen Linsen. Die mittleren und stärkeren Trockenobjective haben die halbkugelige Frontlinse mit zwei an Durchmesser zunehmenden Doppellinsen. Die Immersionsobjective haben eine viergliederige Form und zwar scheint hierzu jene Verwerthung zweier einfacher Frontlinsen und zweier Doppellinsen am geeignesten zu sein. Auch hier nimmt der Durchmesser der Linse nach oben hin zu und ist der Grund dafür mit Hülfe jener Formel $n \cdot d \cdot \sin \alpha = n' \cdot \varepsilon \cdot \alpha'$ leicht einzusehen. Nennt man nämlich den Abstand des Bildes vom Objectiv D, die Brennweite desselben f, so ist $\delta : \varepsilon = D : f$. Wir können also für jene Formel setzen

$$n \cdot D \cdot \sin \alpha = n \cdot f \cdot \sin \alpha'$$

Setzen wir nun $n = 1$, da das Ocularbild sich in Luft befindet, und den Durchmesser der obersten Objectivlinse gleich d, so ist

$$\sin a = \frac{d}{2\mathrm{D}}$$

da beim Mikroskop α sehr klein ist, und wir den Sinus für die Tangente setzen können. Daraus folgt

$$\frac{\delta}{2} = n' \cdot f \sin \alpha'$$

oder der Durchmesser der obersten Objectivlinse ist gleich dem doppelten Product aus dem Brechungsindex der Immersionsflüssigkeit (bei Luft gleich 1), der Brennweite und dem Sinus des halben Oeffnungswinkels. Auf dieses Verhältniss hat bereits Abbe[1] aufmerksam gemacht. Wir sehen daraus, dass die oberste Objectivlinse eines Mikroskopobjectivs einen bestimmten Durchmesser hat, während die halbkugelige Frontlinse von beliebiger Kleinheit sein kann, und sehen für die stärkeren Objective die Nothwendigkeit ihrer heutigen Form leicht ein.

Wir können demnach bei einem wohlcorrigirten Objectiv den Oeffnungswinkel aus der leichter zu bestimmenden Grösse der Brennweite und des Objectivdurchmessers direct ableiten, und dieses erscheint um so mehr gerechtfertigt, als, wie aus dem Nachfolgenden hervorgehen wird, der Oeffnungswinkel nur deshalb Bedeutung für die mikroskopische Bilderzeugung hat, weil es von ihm abhängt, welcher Objectivdurchmesser bei bestimmter Brennweite, d. h. welcher Projectionswinkel bei bestimmter Vergrösserung wirksam ist. Wenn also bei mangelhaft corrigirten Objectiven auch das durch jene Gleichung ausgedrückte Verhältniss nicht zutreffen sollte, so ist doch dass Verhältniss von Brennweite und Objectivdurchmesser für uns wichtiger, als der Oeffnungswinkel selbst.

Jene Formel $n \cdot d \cdot \sin \alpha = n' \cdot \varepsilon \cdot \sin \alpha'$ erweist sich überhaupt für das Mikroskopobjectiv als ausserordentlich fruchtbar und trotz ihrer Einfachheit können gerade die wichtigsten das Mikroskopobjectiv betreffenden Fragen mit ihrer Hülfe leicht gelöst werden.

Während so die Entwickelung des Mikroskops ihren stetigen und relativ schnellen Fortgang nahm, blieben die Theoretiker nicht müssig, die Erfahrungen der Techniker zu erklären. Vor allem war es jene durch die Erfahrung gelehrte Thatsache, dass mit der Grösse des Oeffnungswinkels die Leistungen des Mikroskops zunehmen, welche vielfach ventilirt wurde. Zunächst führte man den Grund dieser Thatsache, wie beim

---

[1] Abbe, Beiträge zur Theorie des Mikroskops u. s. w. *Archiv für mikrosk. Anatomie*. 1873. Bd. IX, S. 420.



Fernrohr, so auch beim Mikroskop auf die durch die Vergrösserung der Oeffnung bewirkte Vermehrung der Lichtstärke zurück. Doch wenn dieses, wie wir gesehen haben, schon beim Fernrohr nicht haltbar ist, so war dieses noch weniger beim Mikroskop der Fall. Harting zeigte, dass, da wir beim Mikroskop die Lichtstärke durch Erhöhung der Intensität der Lichtquelle beliebig vermehren können, ohne eine Erhöhung der penetrirenden Kraft wahrzunehmen, beim Mikroskop ein Zusammenhang der penetrirenden Kraft mit der Lichtstärke nicht bestehen könne. Er selbst suchte den Grund der penetrirenden Kraft des grossen Oeffnungswinkels in dem schiefen Einfall der Randstrahlen; je grösser der Oeffnungswinkel, desto schiefer der Lichteinfall der Randstrahlen, desto grösser die penetrirende Kraft. Diese Wirkung des schiefen Einfalls der Randstrahlen leitete er aus den bekannten Wirkungen der schiefen Beleuchtung ab; ein stärkeres Schattenwerfen der Objectdetails sollte in beiden Fällen das Deutlicherwerden derselben bedingen. Wir werden auf die schiefe Beleuchtung noch näher zurückkommen; jedenfalls ist diese von Harting angenommene Wirkung der Randstrahlen nicht eine derartige, dass daraus die penetrirende Kraft des grossen Oeffnungswinkels erklärt werden könnte.

Auf die Lichtstärke kam Dippel zurück. Er erklärt Harting gegenüber, dass beim Mikroskop die penetrirende Kraft allerdings unabhängig sei von der absoluten Lichststärke, denn diese können wir durch Verstärkung der Lichtquelle beliebig erhöhen, ohne dass eine bessere Penetration eintritt, aber abhängig sei von einer relativen Lichtstärke, die nur von dem Oeffnungswinkel des Mikroskops abhänge. Indem von der grösseren Oeffnung mehr von den Objectpunkten ausgehende Lichtstrahlen aufgenommen und im Bilde verwerthet würden, sollte daraus ein feineres Detail entstehen. Wir haben bereits beim Fernrohr in Betracht gezogen, dass die Vermehrung der Lichtstärke eines Bildes in doppelter Beziehung wirksam ist: sie vermehrt die absolute Helligkeit der Bilder und sie vermehrt die Helligkeitsunterschiede. Das Letztere scheint nun Dippel unter seiner relativen Lichtstärke zu verstehen. Wir haben gesehen, dass beide Wirkungen gleichmässig eintreten, ob wir die Intensität der Lichtpunkte erhöhen, oder die Objectivöffnung vergrössern. Da nun eine Erhöhung der Penetration nicht eintritt durch Verstärkung der Lichtquelle, so findet sie auch nicht statt durch Vermehrung der Lichtstärke, welche mit der Vergrösserung der Oeffnung verbunden ist, und ist daher diese Anschauung von Dippel ebenfalls hinfällig.

Das Zwecklose aller dieser Erörterungen wurde jedoch erst klar, als Nägeli und Schwendener den Strahlengang im Mikroskop näher präcisirten. Diese behaupteten, dass bei der gewöhnlichen Beleuchtung von jedem Objectpunkte nur ein ebenso weiter Strahlenkegel in das Mikroskop-

objectiv geschickt wird, als er ihn von dem Beleuchtungsspiegel her bekommt; und dieser Strahlenkegel beträgt bei unseren heutigen Einrichtungen etwa 30 Grad. Sie folgerten daraus, dass ein grösserer Oeffnungswinkel als 30 Grad durchaus überflüssig sei, und nahmen an, dass sowohl Penetration als auch Definition allein abhängig seien von der Correction der Objective, und dass die Penetration mit dem Oeffnungswinkel nichts zu thun habe. Diese Schlüsse waren von bewundernswürdiger Consequenz, aber sie waren falsch. Die Erfahrung zeigte es deutlich, dass bei gewöhnlicher Beleuchtung mit Strahlenkegel von 30 Grad, wie sie uns unsere Spiegel liefern, ein Objectiv mit 50 Grad mehr leistet, als ein solches mit 30, und eins mit 100 mehr, als das mit 50. Diese Erfahrung, die jederzeit demonstrirt werden kann, liess sich nicht so einfach negiren.

Um uns den von Nägeli und Schwendener näher präcisirten Strahlengang des Mikroskops vor Augen zu führen, brauchen wir nur nach Wegnahme des Oculars das Objectiv von oben her zu betrachten. Wir sehen dann das helle Spiegellicht zu unserem Ocularbild nur durch einen beschränkten Theil des Objectivs hindurchtreten und dieser entspricht bei vorgenommener Messung etwa einer Oeffnung von 30 Grad. Der übrige Theil des Objectivs ist ein dunkler Raum.

Dass wir thatsächlich mit unseren Hohlspiegeln einem jeden Objectpunkt einen Lichtkegel von 30 Grad zusenden, rührt daher, dass wir bei gewöhnlicher Beleuchtung grosse Lichtquellen, wie weisse Wolken u. s. w. benutzen; auch bei den erheblichen sphärischen Abweichungen des reflectirenden Hohlspiegels reicht doch die Grösse dieser Lichtquellen meist aus, um diese Mängel zu decken. Wir erhalten so die Wirkungen der diffusen Beleuchtung, die uns bei unseren mikroskopischen Untersuchungen so reine und klare Bilder liefert. Wie ich annehmen möchte, unterscheidet sich die Beleuchtung mit diffusem und strahlendem Licht durch nichts, als durch die Grösse der Lichtquelle, wenn wir die Verhältnisse der Intensität und der Färbung des mikroskopischen Gesichtsfeldes gleichsetzen.

So richtig auch die von Nägeli und Schwendener ausgeführte Präcisirung des Strahlenganges im Mikroskop war, ihre Annahme, dass der dunkle Raum des Mikroskopobjectivs, d. h. diejenige Grösse des Oeffnungswinkels, welche über 30 Grad hinausreicht, überflüssig sei, war falsch; die Erfahrung hatte es in unzweideutiger Weise gezeigt, dass der dunkle Raum des Mikroskopobjectivs für die penetrirende Kraft desselben von grosser Bedeutung sei. Es mussten also Strahlen auch in diesen dunklen Raum hinein von den Objectpunkten gelangen. Es handelte sich demnach jetzt vor allem darum nachzuweisen, in welcher Art der dunkle Raum des Mikroskopobjectivs ausgenutzt wird. So lange dieser Nachweis nicht geführt war, schwebten Betrachtungen, wie die von Harting und Dippel über

die Bedeutung des Oeffnungswinkels für die penetrirende Kraft des Mikroskopes durchaus in der Luft, auch wenn sie sonst richtig gewesen wären. Ein Versuch dazu, diesen Nachweis zu führen, ist von Abbe[1] gemacht worden. Bevor wir jedoch auf die Anschauungen Abbe's eingehen, müssen wir noch einer anderen Arbeit gedenken, die als Vorläufer dieser Anschauungen betrachtet werden kann.

Flögel[2] hatte nachgewiesen, dass bei den feingestreiften Diatomenen, diesen für mikroskopische Betrachtung und Prüfung so beliebten Objecten, das durchfallende Licht dieselben Veränderungen erleide, wie wir sie in der Physik bei künstlich erzeugten Gittern beobachten; dass nämlich zu jedem durchfallenden Lichtstrahl noch ein durch die Beugung abgelenkter Strahl hinzukommt, der zu dem ersten in einem Winkel steht, dessen Sinus gleich $\frac{\lambda}{\varepsilon}$ ist, wo λ die Wellenlänge des Lichtes, ε den Abstand zweier Linien bedeutet. Nennen wir diesen Winkel α', so ist also $\varepsilon = \frac{\lambda}{\sin \alpha'}$. Dieses gilt allerdings nur bei senkrechter Incidenz des Lichtstrahls zum Gitter, bei schiefer Incidenz muss statt $\sin \alpha'$ die Summe der Sinus der beiden Winkel gesetzt werden, die der direct durchfallende und der gebeugte Lichtstrahl mit der Senkrechten bilden; nennen wir diese beiden Winkel α'' und α''', so ist bei schiefer Incidenz $\varepsilon = \frac{\lambda}{\sin \alpha'' + \sin \alpha'''}$. Flögel wies nun nach, dass man auf sehr einfache Weise die Winkel α', α'' und α''' bei den Diatomeen durch die directe Beobachtung für jede Wellenlänge des Lichtes bestimmen könne; da ferner λ bekannt ist, so konnte Flögel aus dieser makroskopischen Beobachtung den Abstand der Streifen der Diatomeen im Voraus feststellen, und nachfolgende Messungen mit dem Mikroskop bewiesen die Richtigkeit seiner Methode. Ja, Flögel zeigte, dass wir auf diesem Wege sogar an Diatomeen, die uns durch das Mikroskop nicht mehr erreichbar sind, das Vorhandensein von Streifen makroskopisch erkennen und deren Abstand bestimmen können.

Diese Beobachtungen Flögel's zusammen mit jener von Nägeli und Schwendener ausgeführten Präcisirung des Strahlengangs im Mikroskop ergeben die Abbe'sche Theorie.

Abbe behauptet, dass durch jedes Objectdetail nach Maassgabe seiner

---

[1] Abbe, Beiträge zur Theorie der Mikroskopie u. s. w. *Archiv für mikrosk. Anatomie*, 1873, Bd. IX — und Die optischen Hülfsmittel der Mikroskopie. *Bericht über die Londoner Ausstellung* vom Jahre 1876. Herausgegeben von A. W. Hofmann, 1878.

[2] Flögel: Ueber optische Erscheinungen an Diatomeen. *Botanische Zeitung*. Jahrg. 1869. Nr. 43 und 44.

Kleinheit aus dem durchfallenden Lichtkegel noch durch die Beugung getrennte Lichtkegel ausgeschieden werden und zwar in derselben Weise und nach denselben Regeln, wie Flögel es für die Diatomeen gezeigt hat; dass diese durch die Beugung isolirten Lichtkegel es sind, welche den von Nägeli und Schwendener nachgewiesenen dunklen Raum des Mikroskopobjectivs durchsetzen und ausnutzen; dass erst durch diese, durch die Beugung isolirten Lichtkegel, welche der Structur der Objecte ihr Dasein verdanken sollen, die Abbildung der Details im Bilde ermöglicht werde, und zwar so, dass durch das Zusammentreffen der getrennten Lichtkegel im mikroskopischen Bilde stets ein Interferenzbild der Details entstehe, welches die Natur des Objectes wahr oder falsch wiedergebe. Nach Abbe beruht die penetrirende Kraft des Mikroskopes auf der Interferenzwirkung getrennter im Bilde zusammentreffender Strahlenkegel und der Oeffnungswinkel des Mikroskopes hat keine andere Function, als den Eintritt jener zur Erzeugung des Interferenzbildes nothwendigen getrennten Beugungsbüschel zu ermöglichen.

Diese Abbe'sche Interferenztheorie gipfelt in folgenden zwei Behauptungen:

Erstens: Kein mikroskopisches Detail unter 0·01^{mm} kann ohne Hülfe von durch die Beugung abgetrennten Strahlen abgebildet werden. (*Beiträge* u. s. w., S. 446.)

Zweitens: Die Bilder dieser Details sind Interferenzbilder, die die natürliche Beschaffenheit des Objectes wahr oder falsch wiedergeben. (*Beiträge* u. s. w. S. 451.)

Dem gegenüber lässt sich nun zeigen, dass jedes mikroskopische Detail unter 0·01^{mm} ohne durch Beugung abgelenkte Strahlen abgebildet werden kann und thatsächlich in den meisten Fällen abgebildet wird, und ferner, dass die Bilder der mikroskopischen Details in keinem Falle Interferenzbilder zu sein brauchen und es in den seltensten Fällen sind.

Es fragt sich nun, wie Abbe zu diesen beiden sonderbaren Behauptungen gekommen ist.

Betrachtet man bei gewöhnlicher centraler Beleuchtung und mit einem Objectiv von grossem Oeffnungswinkel ein Exemplar von Pleurosigma angulatum, dann sieht man nach Entfernung des Oculars in der Mitte des Objectivs das helle Spiegellicht, am Rande, entsprechend dem dreifachen Liniensystem dieser Diatomeen, sechs farbige Lichtpartien, die, wie sich aus Flögel's Formel $s = \frac{\lambda}{\sin\alpha'' + \sin\alpha'''}$ [1] leicht nachweisen lässt, den durch die Gitterzeichnung der Diatomeen gebeugten Strahlen entsprechen. Blendet man diese gebeugten Lichtpartien ab, und benutzt nur das directe Spiegellicht mit seinem Oeffnungswinkel von 30 Grad, so vermag man die Gitterzeich-

[1] In allen Fällen, wo es sich nicht um einen einfachen einfallenden Lichtstrahl, sondern um einen einfallenden Lichtkegel handelt, muss diese Formel und nicht die einfache verwendet werden, da da wir nicht nur den etwa senkrecht durchgehenden Strahl des Lichtkegels in Betracht zu ziehen haben, sondern auch die übrigen schief durchgehenden.

nung der Diatomeen nicht mehr zu erkennen. Die Abbe'schen Anschauungen treffen hier also zu, denn auch die Möglichkeit eines Interferenzbildes ist dadurch gegeben, dass in dem Mikroskopbilde sieben getrennte Strahlenkegel zusammentreffen, die nach Art der bekannten Interferenzwirkungen von mehreren Oeffnungen, wie sie mit dem Fernrohr leicht zu demonstriren sind, hier im Bilde eine derartige Wirksamkeit entfalten können.

Doch auch schon an diesem Object lässt sich zeigen, dass die Abbildung desselben weder durch Interferenzwirkung getrennter Strahlenkegel, noch durch das gebeugte Licht bedingt ist. Erweitern wir den einfallenden Strahlenkegel so weit, dass das directe Spiegellicht und das gebeugte Licht in einander übergehen, so hört damit die Trennung der Strahlenkegel und demnach auch die Interferenzwirkung auf und das Object wird auch ohne dieselbe abgebildet. Dagegen scheint das gebeugte Licht immer noch nothwendig zu sein, denn wenn alles gebeugte Licht abgeblendet ist, können wir die Zeichnung des Objectes nicht erkennen.

Doch auch das gebeugte Licht brauchen wir nicht zur Abbildung dieses Objectes. Benutzen wir bei einer gewöhnlichen trockenen Pleurosigmaplatte als Objectträger statt des Glases eine dünne Milchglasplatte, und beleuchten diese von unten her durch eine intensive Lichtquelle, so erhalten wir von den Objectpunkten aus Strahlenkegel mit 180 Grad Oeffnung. Auch in diesem Falle wird gebeugtes Licht erzeugt; dasselbe durchzieht aber den ganzen Strahlenkegel und besitzt daher keine andere Function, als die Intensität des directen Strahlenkegels etwas zu verstärken. Nun beobachten wir, dass bei dieser Versuchsanordnung die Zeichnung des Objectes sichtbar bleibt, wenn auch die Details sehr blass sind. Haben wir nun in unserer Lichtquelle eine genügende Intensität, so bedürfen wir der Intensitätsverstärkung durch das gebeugte Licht nicht; das gebeugte Licht ist also auch für die Abbildung von Pleurosigma angulatum nicht nothwendig.

Warum im ersten Falle das Pleurosigma nicht abgebildet wird, wenn wir nur das directe Spiegellicht von 30 Grad Oeffnung benutzen, ist leicht einzusehen; 30 Grad Oeffnung reichen nach der Helmholtz'schen Formel $\varepsilon = \frac{\lambda}{2 \sin \alpha'}$ nicht hin, um dieses Detail aufzulösen.

Ebenso verhält es sich im zweiten Falle. Wenn alles etwa vorhandene gebeugte Licht abgeblendet ist, dann ist, wie sich aus dem Vergleich der Flögel'schen und der Helmholtz'schen Formel leicht ergiebt, α' zu klein, als dass ε aufgelöst werden könnte.

Also auch bei den Diatomeen haben die Behauptungen Abbe's nur beschränkte Geltung und die Diatomeen bilden fast das einzige natürliche Object, bei denen sich die Behauptungen Abbe's einigermaassen anwenden lassen.

Die Beschränkungen, welche jene beiden Behauptungen Abbe's selbst für solche Gitterpräparate erleiden müssen, können wir in folgender Weise zusammenfassen: Bei gewöhnlicher Beleuchtung und bei Objectiven von 30 Grad Oeffnung und weniger hat das gebeugte Licht keine Wirkung; Interferenzbilder sind nicht vorhanden; dagegen können, wie die Helmholtz'sche Formel und die directe Beobachtung lehrt, ohne die Hülfe jener beiden Factoren Details bis etwa 1 μ aufgelöst werden. Wenn auch in dem Strahlenkegel gebeugte Strahlen mit enthalten sind, so hat die dadurch bedingte Erhöhung der Intensität des directen Lichtes keine Bedeutung und kann leicht entbehrt werden. Wenden wir bei gewöhnlicher Beleuchtung Objective über 30 Grad Oeffnung an, so wird bei jenen Gitterpräparaten das gebeugte Licht entsprechend jener Flögel'schen Beobachtung und jener Helmholtz'schen Formel wirksam, indem das gebeugte

Licht durch Benutzung des dunklen Raumes des Mikroskopobjectivs die Grösse von α' vermehrt. Eine Trennung von gebeugtem und directem Strahlenkegel tritt jedoch erst ein, wenn die Axen dieser Kegel einen Winkel von mindestens 30 Grad bilden. Dieses geschieht frühestens bei Details von etwa 1 μ und darunter. Also bis zu Details von etwa 1 μ herab sind bei gewöhnlicher Beleuchtung Interferenzbilder überhaupt nicht vorhanden; hier entscheidet der Winkel α', der durch directes und gebeugtes Licht zusammen gebildet wird, über die Grösse von s. Erst jenseits dieser Grenze tritt selbst bei jenen Gitterobjecten überhaupt die Möglichkeit von Interferenzeffecten ein, und auch hier muss nach den Gesetzen der Interferenz erst in jedem Falle bewiesen werden, dass ausser jener durch die Trennung der Lichtkegel gebotenen Möglichkeit auch die anderen Bedingungen für Interferenzeffecte vorhanden sind.

Wir sehen daraus, dass selbst bei jenen Gitterpräparaten die Abbe'schen Behauptungen nur beschränkte Geltung haben.

Nun hat Abbe allen Ernstes diese Anschauungen nicht nur bei jenen Gitterobjecten angewendet, sondern sie auf alle mikroskopischen Objecte übertragen wollen und hat hieraus eine allgemeine Theorie der mikroskopischen Bilderzeugung gebildet, die in jenen beiden vorher erwähnten Behauptungen gipfelt.

Wie wenig diese Verallgemeinerung gerechtfertigt ist, lehrt die Beobachtung jener bekannten Luftbildchen, die vermittelst Luftbläschen oder Mikroskopobjective erzeugt, häufig zur Prüfung von Mikroskopen verwendet werden; bei diesen kann weder von durch die Structur der Objecte getrennten Beugungsbüscheln, noch von Interferenzbildern die Rede sein, und doch können alle dem Mikroskop überhaupt zugänglichen Details gelöst werden. Allein diese Abbe wohlbekannten Bildchen hätten denselben dahin führen sollen, dass seine Anschauungen von den Ursachen der penetrirenden Kraft des Mikroskops und von der Function des Oeffnungswinkels unrichtige sind.

Abbe stellt sich vor, dass das von einem Object reflectirte oder durch ein Object durchgehende Licht von den Elementen desselben nach Maassgabe ihrer Kleinheit durch die Diffraction zerlegt werde, und zwar so, dass neben den nach geometrischem Gesetz reflectirten oder durchgehenden Strahlen andere durch Diffraction gesonderte wirksam sind. Treffen nun diese Strahlen ein Objectiv und formiren sich zu einem Bilde, so wirken in jedem Punkt des Bildes die gewöhnlichen und die durch Diffraction ausgesonderten Strahlen zusammen und geben ein wahres oder falsches Interferenzbild des Objects. Diese Anschauung will Abbe nicht nur für das Mikroskop, sondern für alle optischen Instrumente angewendet wissen.[1] Unsere bisherigen Vorstellungen, dass sich in der conjugirten Brennweite ein Bild erzeuge, das in seinen Eigenschaften dem Objecte conform ist, seien hinfällig. „Die Unterbrechung der Wellenzüge durch die Structur der Objecte hebt jede geradlinige Fortpflanzung der sogenannten Lichtstrahlen grundsätzlich auf und widerlegt kraft dessen die Voraussetzung, auf welcher die gewöhnliche Vorstellung von der Entstehung der optischen Bilder stillschweigend basirt ist u. s. w. u. s. w.“ In seinen beiden citirten Abhandlungen entwickelt Abbe diese Anschauungen mit einem grossen Aufwand allgemeiner Redewendungen. Ausgehend von, wie sich sogleich zeigen wird, falschen Voraussetzungen und missgedeuteten Experimenten, baut er darauf eine Theorie, der jede Beweiskraft mangelt.

Wie bei den Diatomeen, so gelten zunächst natürlich auch bei allen anderen Objecten die dort angeführten Beschränkungen. Aber auch jener Rest von Berechtigung, welchen wir den Abbe'schen Behauptungen bei den Gitterpräparaten eingeräumt

[1] *Die optischen Hülfsmittel* u. s. w. S. 398.

haben, schwindet, sobald es sich um die allgemeine Anwendung jener Behauptungen handelt.

Bei dem diffus reflectirten Licht, wie es meist beim Sehen mit blossem Auge beim Fernrohr, bei der Camera und bei auffallender Beleuchtung mikroskopischer Objecte für die Bilderzeugung wirsam ist, hat es für dieselbe keine Bedeutung, ob den gewöhnlichen Lichtstrahlen etwa durch die Structur der Objecte gebeugte Strahlen beigemengt sind; es handelt sich hier höchstens um Verstärkung der Intensität, im Uebrigen wirkt in jedem Bildpunkt ein einfacher Strahlenkegel und nicht mehrere getrennte. Die Abbe'sche Annahme einer allgemein gültigen, auf der Wirkung getrennter Strahlenkegel begründeten Interferenztheorie der Bilderzeugung trifft hier also nicht zu.

Was die beim Mikroskop meist angewendete Beleuchtung mit durchfallenden Lichtkegeln von etwa 30 Grad Oeffnung betrifft, so lässt sich hier die von Abbe allgemein angenommene Wirkung des gebeugten Lichtes nur bei so regelmässigen Gitterobjecten nachweisen, wie es die Diatomeen sind. Bei den anderen Objecten, also der weitaus grössten Mehrzahl, wissen wir nicht, ob den durch die verschiedenartigen Details nach Maasgabe ihrer Kleinheit etwa ausgeschiedenen Beugungsstrahlen irgend eine Wirksamkeit beigelegt werden kann, oder nicht. Wir kennen weder die Intensität, noch die sonstigen Eigenschaften dieser Beugungsstrahlen. Sie sind rein hypothetischer Natur und müssten, wenn nicht in ihrer Existenz, so doch in ihrer Wirksamkeit erst klar gelegt werden, ehe ihnen bei der weitaus grössten Mehrzahl unserer mikroskopischen Objecte eine Bedeutung beigelegt werden könnte. Diffraction und Interferenz ist überall, wo Licht ist, das wissen wir. Wir haben auch durch einige mühsam errungene und noch mühsamer berechnete Experimente erfahren, wie Oeffnungen, Spalten, Gitter u. s. w. in dieser Hinsicht sich verhalten. In wie weit sich dieses aber auf die einzelnen Details unserer meisten mikroskopischen Objecte übertragen lässt, das wissen wir nicht. Weil der dunkle Raum der Mikroskopobjective der Erfahrung gemäss bei fast allen Objecten von Strahlen ausgenutzt wird, und weil Abbe ausser der Diffraction kein Moment kannte, welches eine Ablenkung der Strahlen zum dunklen Raum hin bewirkt, so glaubte er jene hypothetische Wirkung von Beugungsstrahlen bei allen Objecten annehmen zu müssen und glaubte sogar diese hypothetische Wirkung durch seine Experimente nachgewiesen zu haben. Er gründet die Beweise für seine Behauptungen theils auf künstliche Versuchsanordnungen, theils auf eine grosse Anzahl von an den verschiedenartigsten Objecten angestellten Experimenten. Auf künstlichen Wege getrennte Beugungsbüschel und Interferenzbilder zu erzeugen, ist beim Mikroskop nicht schwerer, als beim Fernrohr und beim Auge, wenn die geeigneten Maassregeln getroffen werden, doch hat man kein Recht, diese künstlichen von ganz bestimmten Bedingungen abhängigen Effecte auf die natürlichen Verhältnisse unserer meisten mikroskopischen Objecte zu übertragen; die Bedingungen, die hier geboten werden, sind in so mannigfaltigster Weise von den bekannten künstlichen Versuchsanordnungen verschieden, dass nur eine sehr lebhafte Phantasie durch reine Analogieschlüsse hier befriedigt sein kann. Abbe scheint desshalb auch mehr Werth auf jene Experimente zu legen, die er an einer grossen Anzahl von den verschiedenartigsten Objecten angestellt hat. Wenn er die Oeffnung der Objective so weit abblendete, dass alles etwa vorhandene gebeugte Licht sicher ausgeschlossen war, das durch ein Detail nach Maassgabe seiner Kleinheit gemäss der Flögel'schen Formel ausgeschieden sein konnte, so war das Detail nicht mehr auflösbar, welche Beschaffenheit das Object auch haben mochte. Nun haben wir allerdings bereits gesehen, dass ein viel bestimmterer Grund, als jene hypothetischen Beugungsstrahlen das verhindert hat: α' ist in solchem Falle bereits zu klein, als dass ε aufgelöst werden

könnte. Also von einer Beweiskraft dieser Abbe'schen Experimente für die Richtigkeit seiner Theorie kann ebenfalls nicht die Rede sein; sie beweisen nur, dass die Helmholtz'sche Formel richtig ist.

Wir werden sogleich sehen, dass wir weit näher liegende und klarer nachzuweisende Momente besitzen, welche die durch die Erfahrung gezeigte Wirksamkeit des dunklen Raumes der Mikroskopobjective erklären und werden sehen, dass wir hierzu gar nicht so künstlicher Hypothesen bedürfen; dass ferner die scheinbaren Verwickelungen der mikroskopischen Bilderzeugung sich leicht auf einfache Verhältnisse reduciren lassen; dass endlich beim Mikroskop ebenso wie bei den anderen Instrumenten die Eigenschaften der Bilder von den Zerstreuungskreisen abhängen.

Die Sichtbarkeit unserer mikroskopischen Elemente wird bedingt entweder durch die Unterschiede der Brechungsindices, oder durch die Unterschiede der Farbe, oder durch die Unterschiede der Durchsichtigkeit.[1]

Als das weitaus wichtigste Moment für die Erzeugung des mikroskopischen Bildes erscheint der Unterschied der Brechkraft; denn wenn wir das ein ungefärbtes Object einschliessende Medium in seinem Brechungsindex so wählen, dass dadurch diese Unterschiede möglichst ausgeglichen werden, so wird die Mehrzahl unserer mikroskopischen Objecte für die Untersuchung völlig unbrauchbar.

Untersuchen wir getrocknete Gewebe in Luft, so erhalten wir die schärfsten Bilder, weil hier die Unterschiede der Brechungsindices am grössten sind. Frische Gewebe haben in ihren Elementen einen grösseren Index als Wasser oder Lymphe, und sind darum hier gut sichtbar; wenn wir sie in Glycerin legen, blassen sie bedeutend ab. Erhärtete Gewebe, in denen die Eiweisskörper durch die verschiedenen Methoden coagulirt sind, haben wieder einen grösseren Brechungsindex als Glycerin; übertragen wir sie ungefärbt in Balsam, so wird das Bild sehr hell und undeutlich. Waschen wir den Balsam wieder aus, so können wir das Gewebe nacheinander wieder in Glycerin, Wasser und Luft untersuchen und uns überzeugen, dass sonst keine Veränderungen mit ihm vorgegangen sind, dass aber die Schärfe des Bildes graduell zunimmt.

Wie können nun die Unterschiede der Brechungsindices solche Wirkungen äussern?

Um uns darüber klar zu werden, betrachten wir zunächst einen Glasfaden, welcher trocken in Luft liegt, mit dem Mikroskop. Wir sehen dann in dem Glasfaden, wenn derselbe nicht zu fein ist, jene bekannte Art der

[1] Die Wirkungen der Brechungsunterschiede sind bereits vielfach erörtert (Welcker, Harting, Naegeli und Schwendener), jedoch nicht richtig verwerthet worden. Wir benutzen hiervon nur soviel, als zur Erörterung unserer Anschauungen nothwendig erscheint.



Lichtvertheilung, welche bei verschiedener Einstellung wechselt und welche bei einer gewissen Einstellung den grössten Gegensatz zwischen Hell und Dunkel zeigt; es ist das jene Einstellung, bei der wir das Bild der Lichtquelle, bei diffuser Beleuchtung also das des Spiegels, wie es der cylindrischen Form des Fadens entspricht, am deutlichsten sehen, zu den Seiten dieses Bildes aber breite dunkle Ränder haben. Wählen wir das Caliber des Fadens immer feiner,[1] so kommen wir schliesslich an eine Grenze, wo wir nicht mehr die Lichtvertheilung im Glasfaden beobachten können, sondern nur ein einfaches lineares Bild des Fadens erhalten. Sämmtliche Erscheinungen zeichnen sich durch ihre Energie und ihren Glanz aus.

Machen wir dieselben Beobachtungen während die Fäden im Wasser liegen, so sehen wir dieselben Erscheinungen; nur dass die dunklen Ränder schmäler werden, die hellen Partien weniger glänzend sind, die feinsten Fäden weniger scharf hervortreten. In Glycerin nehmen diese Veränderungen noch zu und nehmen wir Balsam, der denselben Index besitzt, wie der Faden, so sehen wir nichts mehr.

Es ist nicht schwierig, sich aus der Form der Glasfäden, aus den Brechungsunterschieden und aus der Art der Lichtquelle das Entstehen dieser Effecte abzuleiten.

Ebenso leicht gelingt dies natürlich bei kugeligen Objecten. Andere Formen bieten für die Ableitung der ihnen eigenthümlichen Brechungseffecte schon grössere Schwierigkeiten, besonders wenn sie unregelmässiger werden. Im Allgemeinen können wir jedoch sagen, dass jede Form eines durchsichtigen Objectes geeignet ist, die durchfallenden Strahlen des Beleuchtungsspiegels so zu afficiren, dass trotz der Durchsichtigkeit der Objecte doch ein Bild derselben entsteht, wenn nur Unterschiede der Brechungsindices vorhanden sind. Selbst planparalelle Körper werden an ihren Rändern Brechungseffecte haben und desshalb sichtbar sein.

Der direct durchfallende Lichtkegel von 30 Grad Oeffnung hat mit der Erzeugung dieser Bilder nichts zu thun; sondern dieser Lichtkegel muss erst von den Objectelementen je nach Form und Brechkraft derselben zersetzt und verarbeitet werden, damit ein Bild derselben entstehen kann; die Objectelemente erzeugen sich selbst ihr Bild.

Weil diese Bilder, welche auf den Unterschieden der Brechungsindices beruhen, nichts mit dem directen Lichtkegel zu thun haben, so wollen wir sie die indirecten Bilder des Mikroskops nennen.

Diese indirecten Bilder sind, wie wir gesehen haben, beim Mikroskop die häufigsten und wichtigsten; sie enthalten feine Details ebenso wie grobe Theile.

---

[1] Glasfäden von beliebiger Feinheit bis unter die Grenze des Messbaren sind leicht zu erhalten, wenn man einen dicken Faden über schwacher Flamme nochmals auszieht.

Machen wir uns den Strahlengang klar, welcher Statt hat, wenn das Spiegellicht in seiner Convergenz von 30 Grad oder noch weniger einen cylindrischen Faden oder ein Kügelchen trifft, so ist leicht einzusehen, dass, sobald Unterschiede der Brechungsindices bestehen, jenseits dieser Gebilde eine Divergenz der Strahlen eintritt; wir erhalten jenseits dieser Gebilde continuirliche Strahlenkegel von grosser Weite. Berechnen wir diese Divergenz, so finden wir, dass selbst bei so geringen Brechungsunterschieden, wie sie zwischen Glas und Glycerin bestehen, doch diese Divergenz ein Trockenobjectiv von 110 Grad im Ueberfluss ausfüllt.

Wir sehen daraus, dass bereits geringe Unterschiede der Brechkraft hinreichen, um auch bei einem directen Strahlenkegel von nur 30 Grad oder weniger sehr weite Strahlenkegel in die Objective zu senden. Andere Formen als sphärische und cylindrische werden diese Verbreiterung in anderer Weise bewirken. Jedenfalls finden wir in den Unterschieden der Brechkraft dasjenige Moment, welches die Ausnutzung des dunklen Raumes der Mikroskopobjective in ausgiebigster Weise ermöglicht.

Um uns die durch die Brechung bewirkte Verbreiterung der Strahlenkegel leicht zu demonstriren, brauchen wir nur einen gewöhnlichen Glasstab senkrecht und in einiger Entfernung von einer Kerzenflamme zu befestigen und, nachdem wir Auge, Glasstab und Flamme in eine Linie gebracht haben, nach links oder rechts herumzugehen. Wir können so mit unserem Auge mehr als einen Halbkreis um den cylindrischen Glasstab beschreiben, ehe uns das Bild der Flamme entschwindet.

Oder wir blenden, während wir einen Glasfaden in Luft, Wasser oder Glycerin liegend mit einem Objectiv von grosser Oeffnung betrachten, das Centrum des Objectivs ab, welches dem vom Spiegel kommenden directen Licht zum Durchtritt dient; der Glasfaden bleibt doch sichtbar trotz des dunkeln Gesichtsfeldes.

Wenn wir auch selten rein sphärische und cylindrische Formen in unseren Objectelementen finden, so bilden doch diese die Grundformen, aus denen sich unsere Objectelemente zusammensetzen. Körnchen und Fibrillen verschiedener Grösse sind die häufigsten Bestandtheile unserer mikroskopischen Objecte. Aehnliche Wirkungen werden wellige Erhebungen und Vertiefungen haben; in jedem Falle wird jedoch die Art, wie die Objectelemente die auf sie treffenden Strahlen durch ihre Brechung zersetzen, ihren Ausdruck finden in den Bildern, welche jenen Elementen entsprechen.

Da, wie wir gesehen haben, die indirecten Bilder unabhängig sind von der Weite des directen Strahlenkegels, und da die hier wirksamen Strahlenkegel eine beliebige Divergenz erlangen können, so wird bei denselben

die Unterscheidungsgrenze nebeneinanderliegender Elemente, entsprechend der Formel $\varepsilon = \frac{\lambda}{2 \sin \alpha}$, abhängen von der Grösse des Oeffnungswinkels.

Blenden wir, während wir z. B. einen Gewebsschnitt betrachten, der in Glycerin liegt, das Objectiv mehr und mehr ab, so sehen wir die Elemente blasser, undeutlicher werden; die nahe zusammenliegenden werden ununterscheidbar. Wir können uns so direct die Wirksamkeit des dunkeln Raumes vor Augen führen.

Eine der wichtigsten Fragen für das Mikroskop ist die, warum wir dann selbst bei den grössten Oeffnungswinkeln nur beschränkte einfallende Lichtkegel von etwa 30 Grad Oeffnung benutzen. Wir könnten ja diesen einfallenden Lichtkegel leicht erweitern, und wenn wir unsere Objectträger mit einer dünnen Milchglasschicht überziehen, leicht jede Oeffnung ausfüllen. Wir wären dann aller Sorge überhoben, wie der dunkle Raum und der grosse Oeffnungswinkel der Objective ausgenutzt wird. Es zeigt sich nun, dass durch eine erhebliche Vergrösserung des einfallenden Lichtkegels die meisten mikroskopischen Bilder sehr verschlechtert, ja bei jenen Milchglasplättchen völlig unbrauchbar werden.

Der Grund dafür wird uns klar werden, wenn wir z. B. einen Glasfaden in Wasser liegend zunächst bei gewöhnlicher Beleuchtung betrachten. Wir sehen dann bei bestimmter Einstellung jenes Bild des Beleuchtungsspiegels in der Mitte des Fadens und zu den Seiten dunkle Ränder. Wir wissen, dass die Sichtbarkeit des Glasfadens auf dieser Art der Lichtvertheilung beruht. Vergrössern wir nun den einfallenden Lichtkegel mit Hülfe von Convexlinsen, so wird das helle Bild in der Mitte des Fadens breiter, die dunklen Ränder schmäler, bis endlich, wenn wir 180 Grad einfallenden Lichtkegel nehmen, wie ihn das Milchglasplättchen liefert, das helle Bild in der Mitte des Fadens den ganzen Raum einnimmt, die dunkeln Streifen ganz verschwinden. Da der Glasfaden durchsichtig ist, so erhält er jetzt dieselbe Helligkeit wie das Gesichtsfeld, und entschwindet dem Auge fast vollständig.

Nehmen wir statt dessen einen in Luft, Wasser oder Glycerin liegenden Gewebsschnitt, so sehen wir die Elemente desselben bei Verbreiterung des einfallenden Lichtkegels immer heller werden, bis bei Anwendung des Milchglasplättchens nur noch wenig vom Bilde übrig bleibt.

Verkleinern wir umgekehrt den Lichtkegel von 30 Grad, indem wir kleinere Blenden nehmen, oder bei Cylinderblendung dieselbe herabziehen, oder die Blende so seitlich stellen, dass nur ein Theil des Spiegellichtes zum Object und zum Mikroskop gelangt, oder statt des gewöhnlichen Concavspiegels den Planspiegel benutzen, dann sehen wir bei den Glasfäden

die helle Mitte schmäler, die dunklen Streifen breiter werden. Am Gewebsschnitt beobachten wir demgemäss ein schärferes Hervortreten der Elemente, eine Schärfe, welche uns leicht lästig wird und schon desshalb nur ausnahmsweise erwünscht ist, weil wir bei zu erheblicher Verkleinerung des einfallenden Lichtkegels zu viel Licht verlieren, das Gesichtsfeld zu dunkel wird, wenn auch die Divergenz der von den Objectelementen ausgeschiedenen Strahlenkegel das Objectiv ausfüllen sollte.

Wie die Erfahrung es lehrt, ist diejenige Lichtvertheilung der indirecten Bilder, wie sie ein einfallender Lichtkegel von 30 Grad hervorruft, für die Beobachtung der meisten mikroskopischen Objecte die günstigste, und benutzen wir desshalb grössere oder kleinere Lichtkegel nur ausnahmsweise. Bei schwächeren Objectiven unter 30 Grad Oeffnung haben wir nur diejenigen Strahlen des indirecten Bildes wirksam, welche mit dem directen Lichtkegel zusammenfallen; wir haben keinen dunklen Raum. Aber auch hier trägt der directe Lichtkegel zur Erzeugung des indirecten Bildes nichts bei; denn erweitern wir den Beleuchtungskegel auf 180 Grad, so bleibt der directe Lichtkegel unverändert und das Bild verschwindet doch.

Was nun die directen Bilder betrifft, so sind das diejenigen Bilder oder Bildtheile, welche durch den direct durchfallenden Strahlenkegel erzeugt werden. Nehmen wir statt jenes Glasfadens einen feinen Metalldraht, so wird das Bild desselben so erzeugt, dass am Orte des Drahtes ein Schattenbild desselben entsteht. Ebenso wie die vollständig undurchsichtigen Objectelemente werden auch alle diejenigen zur Erzeugung des directen Bildes beitragen, welche nur einen Theil des Spiegellichts oder eine bestimmte Farbe hindurchlassen.

Nehmen wir einen durchsichtigen Glasfaden aus gefärbtem Glase und betrachten ihn in Balsam von demselben Index, so haben wir keine Unterschiede der Brechung; da aber durch den Faden nur das Licht jener Farbe hindurchtreten kann, so wird vermittelst des directen Lichtkegels ein Bild des Fadens erzeugt.

Nahe aneinanderliegende Elemente werden in solchen Fällen abgebildet nicht entsprechend der Grösse des Oeffnungswinkels, sondern entsprechend der Weite des durchfallenden Lichtkegels. Da die Weite desselben bei gewöhnlicher Beleuchtung etwa 30 Grad beträgt, so erhalten wir hier Details bis etwa 1 μ.

Erweitern wir den einfallenden Lichtkegel bis auf 180 Grad, indem wir jenen Metalldraht, oder den gefärbten in Balsam liegenden Glasfaden, oder feine in eine dünne Silberschicht geritzte Linien beobachten, so nimmt die Deutlichkeit des Bildes nicht ab, wie bei den indirecten Bildern, sobald wir es mit gut corrigirten Objectiven zu thun haben; im Gegentheil, die unterscheidbaren Details werden entsprechend der zunehmenden Weite des

directen Lichtkegels feiner. Feine Linien in einer dünnen Silberschicht treten bei Benutzung des Milchglasplättchens scharf hervor,[1] während solche, die in Glas geritzt sind, verschwinden. Haben wir es mit schlecht corrigirten Objectiven zu thun, so nehmen die Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration mit Erweiterung des directen Lichtkegels an Grösse zu, die Definition wird eine schlechtere, die Penetration aber eine höhere als bei Benutzung von 30 Grad.

Bei den Objecten, die wir zu untersuchen pflegen, werden wir selten ganz reine Formen eines indirecten oder directen Bildes erhalten. Die Objecte, die wir ungefärbt in Luft, Wasser oder Glycerin untersuchen, erzeugen vornehmlich ein indirectes Bild; da aber die Elemente nie vollkommen durchsichtig sind, so erscheinen daneben, wenn auch in geringem Grade die Effecte des directen Bildes. Wie viel von den letzteren in jedem einzelnen Falle im Bilde vorhanden ist, davon können wir uns leicht überzeugen, wenn wir statt des gewöhnlichen Lichtkegels einen solchen von 180 Grad mit Hülfe eines Milchglasplättchens benutzen; es wird meistens nicht viel vom Bilde übrig bleiben, dieser geringe Theil aber gehört dem directen Bilde an.

Diejenigen Präparate, welche wir in Balsam untersuchen, müssen vorher meistens mit einem Farbstoff imprägnirt werden, weil die Unterschiede der Brechung durch den Balsam zu gering werden. Hier wird besonders der Charakter des directen Bildes hervortreten, welches der directe Strahlenkegel von den gefärbten Objecttheilen erzeugt. Doch auch in Balsam liegend verlieren die Objectelemente nicht alle Unterschiede der Brechung; neben dem directen Bilde ist hier, wenn auch im geringeren Grade, das indirecte Bild wirksam. Wir können uns davon leicht überzeugen, wenn wir nur den directen Lichtkegel benutzen, den dunklen Raum aber abblenden. Was hierbei an Schärfe und Details verloren geht, gehört dem indirecten Bilde an; und dieser Verlust ist, weil er häufig sich auf die wichtigsten Details bezieht, oft für uns von Wichtigkeit. Noch besser ist es, wenn wir den einfallenden Lichtkegel auf 180 Grad erweitern. Hier gehen die Reste des indirecten Bildes vollständig verloren und es bleiben im Gesichtsfelde nur die gefärbten und mehr oder weniger undurchsichtigen Elemente erkennbar. Wir sehen dann, dass auch bei den Balsampräparaten das indirecte Bild noch eine Rolle spielt, die Unterschiede der Brechungsindices nicht vollständig ausgeglichen sind, wenn sie auch erheblich geringer sind, als in Luft, Wasser und Glycerin.

Abbe hat das directe Bild passend das Absorptionsbild des Mikroskops

[1] Es ist also nicht der directe Lichteinfall, nicht die übergrosse Inanspruchnahme eines grossen Oeffnungswinkels, welcher bei einem Beleuchtungskegel von 180 Grad die Bilder so blass macht; denn sonst müssten die Silberlinien auch hell werden.

genannt. Er hat jedoch, da er demselben, wie vorher erwähnt, nur Details bis 0·01 mm zutheilt, den Werth desselben schon bei gewöhnlicher Beleuchtung um das 10fache unterschätzt, da wir mit 30 Grad schon etwa 1 μ auflösen können. Es liegt natürlich in unserer Hand, die Details des directen Bildes durch Erweiterung des einfallenden Lichtkegels zu verfeinern; da wir jedoch hierbei jene wichtigen Reste des indirecten Bildes schädigen und da wir selten solche feine Details haben, deren Sichtbarkeit auf Undurchsichtigkeit oder Färbung beruht, so benutzen wir auch bei Balsampräparaten selten einen grösseren einfallenden Lichtkegel, als einen solchen von 30 Grad Oeffnung.

Lassen wir diesen Lichtkegel von 30 Grad statt durch die Mitte des Objectivs durch einen seitlichen Theil desselben fallen, indem wir den Spiegel zur Seite stellen, so erhalten wir die sogenannte schiefe Beleuchtung. Wie sich vermittelst jener Glasfäden demonstriren lässt, erleidet die Lichtvertheilung der indirecten Bilder hierdurch eine Verschiebung und mag dadurch in manchen Fällen ein besserer Erfolg erzielt werden. Treiben wir die Schiefheit der Beleuchtung zu weit, dann kommen wir zu einem mehr oder weniger verdunkelten Gesichtsfelde, indem dann nur noch ein Theil des directen Strahlenkegels in das Objectiv eintreten kann. In diesem dunkleren Gesichtsfelde können manche Objectelemente, indem sie selbst der vollen Beleuchtung ausgesetzt sind und durch ihre Brechung dieselben Strahlen in das Objectiv senden, wie bei hellem Gesichtsfelde, leicht einen stärkeren Contrast zu diesem erhalten und dadurch deutlicher werden. Bei den Diatomeen, bei denen wir die Behauptung Abbe's theilweise als zutreffend gefunden haben, erweisen sich auch die Anschauungen desselben in Betreff der schiefen Beleuchtung als richtig. Bei den Diatomeen entfaltet die schiefe Beleuchtung ihre eclatanteste Wirksamkeit, im Uebrigen ist sie selten von wesentlichem Nutzen, und bleibt daher in den meisten Fällen die centrale Beleuchtung mit einem beschränkten Lichtkegel von etwa 30 Grad Weite die beste.

Diejenigen Objectelemente, welche weder vollkommen durchsichtig noch vollkommen undurchsichtig sind, werden durch die innere Reflexion des Spiegellichtes gewissermaassen selbstleuchtend und erzeugen so durch diffuse Lichtzerstreuung ebenfalls Strahlenkegel von beliebiger Weite. Doch tritt die Wirksamkeit der diffusen Lichtzerstreuung selten wesentlich hervor, und bleibt jedenfalls die Zersetzung der Lichtstrahlen durch die Brechung der Objectelemente das wichtigste Moment sowohl für die Erzeugung des mikroskopischen Bildes überhaupt, als auch insbesondere für die Ausnutzung des dunkeln Raumes und des grossen Oeffnungswinkels der Objective.

Indem der directe Lichtkegel das Gesichtsfeld erleuchtet und bei ge-

färbten Objecten die gröberen Bildtheile erzeugt, giebt er gleichsam den Hintergrund, auf welchem sich die Elemente gemäss ihrer Form und Brechkraft durch die von ihnen selbst verbreiterten und modificirten Strahlenkegel abbilden; und diese Abbildung geschieht bei der beliebigen Divergenz dieser Strahlenkegel nach Maassgabe der Grösse des Oeffnungswinkels.

Bei der wegen der Durchsichtigkeit der Objecte selten nutzbaren auffallenden Beleuchtung haben wir es mit diffus reflectirtem Licht zu thun, also die einfachsten Verhältnisse des Strahlengangs.

Auf Grund der beschriebenen Beobachtungen ist es nun leicht, die Eigenschaften eines jeden mikroskopischen Bildes im Einzelnen sich klar zu legen. Der Wechsel des einschliessenden Mediums, der Wechsel in der Weite des einfallenden Strahlenkegels und in der Grösse des Oeffnungswinkels, die Beobachtung einzelner und zusammenliegender Elemente, die Benutzung durchsichtiger und undurchsichtiger, gefärbter und ungefärbter Objecte verschiedener Form geben ein reiches und interessantes Material zur Orientirung.

Es dürfte von Werth sein, die Beobachtung einzelner Elemente der Beobachtung zusammenliegender vorangehen zu lassen, weil man sich so leicht überzeugen kann, dass in beiden Fällen dieselben Veränderungen sich abspielen, dass die Veränderungen, welche wir an den einzelnliegenden Elementen beobachten, wohl im Stande sind, die Ununterscheidbarkeit der zusammenliegenden herbeizuführen, dass wir gar keinen Grund haben, bei den letzteren andere Momente als wirksam anzunehmen, als bei den ersteren, wie Abbe es in seiner Theorie thut.

Wollen wir uns die Brechungseffecte der Objectelemente klar machen, dann werden wir die gröberen Elemente zur Beobachtung wählen; wollen wir jedoch die Wirkungen der Zerstreuungskreise beobachten, dann werden die feinen Elemente geeignet sein. Feine Körnchen und Fibrillen wirken dann gewissermaassen als Punkte oder Linien, von denen zarte Strahlenkegel von beliebiger Divergenz ausgehen; an dem entsprechenden Ort des Bildes erhalten wir demgemäss punkt- und linienförmige Bilder, welche sich gegenüber dem durch das directe Spiegellicht erhellten Gesichtsfelde abheben. Blenden wir die Oeffnung der Objective mehr und mehr ab, so sehen wir die einzelnliegenden Punkte und Linien sich verbreitern, die nahe zusammenliegenden entsprechend dieser Verbreiterung undeutlicher und ununterscheidbar werden. Wir wissen, dass dieses die Wirkung der Zerstreuungskreise der Beugung ist und haben wir es mit mangelhaft corrigirten Objectiven zu thun, so wird es nicht an jenen bekannten Erscheinungen fehlen, die auf die Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration zurückzuführen sind, und die ihre Wirkung insbesondere gegenüber der Definition des Bildes äussern.

Wollen wir uns vollständig von den Eigenschaften der Objectelemente unabhängig machen, so werden wir für das Studium der Zerstreuungskreise, welche einem Objectiv eigenthümlich sind, besser künstliche Versuchsanordnungen treffen. Zu diesem Zwecke und um bei den Objectiven die berechnete Grösse von δ mit der durch directen Versuch gefundenen vergleichen zu können, benutzte ich, wie schon früher erwähnt ist, als Object das in der vorderen Brennweite eines anderen erprobten Mikroskopobjectivs erzeugte Bild feiner Linien. Es versteht sich von selbst, dass der Oeffnungswinkel des das Bild erzeugenden Objectivs mindestens ebenso gross sein muss, wie der des zu prüfenden Objectivs. Da, wie aus dem Vergleich der Formeln für δ und ε und aus dem Vergleich der Cotangente und Cosecante eines grossen abbildenden und zugleich auflösenden Winkels hervorgeht, wir mit demselben Oeffnungswinkel eines Mikroskopobjectivs viel feinere Distanzen abbilden, als auflösen können, so hat die Herstellung eines als Object dienenden Bildes keine Schwierigkeiten. Eine Schwierigkeit liegt jedoch darin, das zu prüfende und das abbildende Objectiv mit der passenden Deckglasdicke zu versehen. Dieses bewerkstelligte ich dadurch, dass ich als abbildendes Objectiv eine Oelimmersionslinse von Zeiss benutzte und derselben ein Deckgläschen anfügte, welches durch Mikrometerbewegung in seinem Abstande vom Objectiv regulirt werden konnte. Dadurch wurde es leicht, die Dicke der Oelschicht, welche für beide Objective passt, während des Versuches zu finden. Das Kriterium für die richtig gefundene Dicke der Oelschicht besteht darin, dass die feinen und die groben Bildtheile in eine Ebene zu liegen kommen. Wir haben dann die Deckglasdicke, für welche das zu prüfende Objectiv corrigirt ist. Auch für eine ordentliche Centrirung des ganzen Versuches hat man Sorge zu tragen, denn wenn geringe Abweichungen nichts bedeuten, so schaden doch erhebliche Abweichungen der Genauigkeit der Resultate.

Indem ich nun je nach Bedürfniss feine Liniensysteme vor eine Gasflamme brachte und die Entfernung derselben änderte, gelang es leicht, bis an die Grenzen der penetrirenden Kraft zu kommen. Um diese Grenze möglichst genau und möglichst bequem festzustellen, beobachtete ich den Moment des Verschwindens so, dass ich zuletzt die Linienplatte in einen allmählich kleineren Winkel zur optischen Axe der ganzen Versuchsanordnung brachte. Hierdurch gelingt es, den Abstand der Linien in den feinsten Nüancen zu verkleinern, und so den Moment des Verschwindens der Linien möglichst genau festzustellen. Das von dem prüfenden Objectiv erzeugte Bild betrachtete und maass ich durch ein starkes Ramsden'sches Ocular mit Schraubenmikrometer; dieses genügt, um alle Veränderungen, die das Bild eingeht, genau zu übersehen. Indem ich nun durch die Messung die gefundene Grösse von δ und ε bestimmte, dann durch

Rechnung die theoretische Grösse beider feststellte, gelangte ich zu einem möglichst präcisen Vergleich der thatsächlichen und durch die Beugung gesetzten Grenze der penetrirenden Kraft eines Objectivs. Nachfolgende Tabelle giebt eine Uebersicht über drei derartige Bestimmungen, die an einem schwachen, einem mittleren und einem starken Objectiv von Leitz angestellt sind:

Objectiv.	Brenn-weite.	Oeffnungs-winkel.	δ		ε		Bild-abstand.
			Gefunden.	Berechnet.	Gefunden.	Berechnet.	
III	16 mm	28°	14·6 μ	12·08 μ	1·38 μ	1·14 μ	170mm
VII	3·3mm	112°	23·15 μ	18·924 μ	0·4 μ	0·332 μ	190mm
IX Immersion.	1·95 mm	180° für Luft.	34·74 μ	28·21 μ	0·338 μ	0·275 μ	200mm

Wir sehen daraus, dass auch beim Mikroskop die durch die Beugung gesetzte Grenze annähernd erreicht wird. Die Helmholtz'sche Formel $\varepsilon = \frac{\lambda}{2 \sin \alpha'}$ ist daher nicht nur für uns von Werth, weil sie uns die theoretische Grenze der mikroskopischen Wahrnehmung überhaupt bezeichnet, sondern zugleich diejenige Grenze der penetrirenden Kraft bezeichnet, wie sie von jedem brauchbaren Mikroskopobjectiv nach Maassgabe seines Oeffnungswinkels annähernd erreicht wird; wenigstens habe ich dieses auch bei den anderen von mir untersuchten Mikroskopobjectiven bestätigt gefunden. Da α' im besten Falle gleich 180 Grad sein kann, so beträgt im günstigsten Falle die kleinste unterscheidbare Distanz eines in Luft liegenden Objectes $\frac{\lambda}{2}$.[1]

---

[1] Wie aus der Flögel'schen Formel $\varepsilon = \frac{\lambda}{\sin \alpha'' + \sin \alpha'''}$ hervorgeht, ist auch nach den Abbe'schen Anschauungen die kleinste wahrnehmbare Distanz gleich $\frac{\lambda}{2}$. Diese Uebereinstimmung mit dem Helmholtz'schen Resultat ist eine rein zufällige, und da das Resultat von Abbe, wie wir gesehen haben, auf falschen Prämissen beruht, so ist dasselbe für uns werthlos, während wir in der Helmholtz'schen Bestimmung von ε, obgleich dieselbe ohne Rücksicht auf die Besonderheiten des mikroskopischen Strahlenganges und vom rein mathematischem Standpunkt durchgeführt ist, die definitive Erledigung der Frage nach den Grenzen der mikroskopischen Wahrnehmung anerkennen müssen.

Eigenthümlich ist die Auffassung Abbe's über den Einfluss der Beugungsaberration auf die mikroskopische Bilderzeugung überhaupt. Er selbst nimmt diesen Einfluss, der übrigens durchaus nicht mit seiner Interferenztheorie zu verwechseln sei (siehe *Beiträge* u. s. w., S. 432, Anmerkung), als vorhanden an, wenn der Durch-

Prüfen wir verschiedene Objective mit gleichem Oeffnungswinkel und verschiedener Brennweite, so finden wir, dass sich mit denselben die gleichen Objectdistanzen unterscheiden lassen. Die Grösse von δ ist natürlich verschieden, wenn wir gleichen Bildabstand nehmen und ergiebt sich hier, wenn wir die Brennweite mit f und f' bezeichnen, das Verhältniss $\delta : \delta' = f' : f$.

Auch bei mangelhaft corrigirten Objectiven gelingt es die berechnete Grösse von δ annähernd zu erreichen, wenn auch dieses durch die von der sphärischen und chromatischen Aberration abhängigen Verminderung der Helligkeitsunterschiede erschwert wird. Auch für das Mikroskop gilt daher jene Thatsache, dass die penetrirende Kraft der Bilder unabhängig ist von den Zerstreuungskreisen der sphärischen und chromatischen Aberration. Im Uebrigen ist es eine gerade beim Mikroskop öfters zu beobachtende Erscheinung, dass die Bilder trotz ihres nebeligen Charakters, trotz schlechter Definition, doch feine Details, eine ihrem Oeffnungswinkel entsprechende penetrirende Kraft zeigen.

Steigern wir die Vergrösserungen des Mikroskops im Uebermasse, dann gewinnen die Zerstreuungskreise der Beugung eine solche Grösse, dass sie auch für die Definition der Bilder merkbar werden. Doch hat es selten einen Nutzen, die Vergrösserungen so weit zu steigern, meist kommen wir

messer der Objective sehr klein werde (siehe *Beiträge* u. s. w., S. 432). Im Uebrigen hätte jedoch der Einfluss der Beugungsaberration beim Mikroskop nur in den seltensten Fällen Geltung. Abbe sagt (siehe *Die optischen Hülfsmittel* u. s. w., S. 397): „Die Berücksichtigung der Diffractionswirkung, welche die Begrenzung der abbildenden Strahlenkegel durch den Rand der Linsenöffnung nach sich zieht — deren Bestimmung den Schlussfolgerungen von Helmholtz zur Grundlage dient — erklärt zwar einen Theil dieser Thatsachen noch auf dem Boden der gedachten Vorstellungsweise und führt gleichfalls zu einer zutreffenden Bestimmung des Zusammenhanges zwischen der Unterscheidungsgrenze und dem Oeffnungswinkel; sie giebt jedoch keine Rechenschaft von den charakteristischen Erscheinungen, welche die mikroskopische Abbildung mittelst begrenzter, d. h. die Objectivöffnung nicht ausfüllender Strahlenkegel — den weitaus häufigeren Fall beim Gebrauch des Mikroskops — in einer prägnanten Gesetzmässigkeit begleiten."

Also Abbe meint, dass jene Strahlenkegel, welche den grossen Oeffnungswinkel der Objective nicht ganz ausfüllen und daher den Rand der Objective nicht berühren, keine Beugungswirkung haben. Mir scheint es nun ein einfaches Postulat der von Abbe oft citirten Undulationstheorie zu sein, dass die Strahlenkegel eine Beugungswirkung entfalten, sie mögen einen körperlichen Rand berührt haben oder nicht. Wenn ich vor meine Pupille eine in ein Staniolplättchen gemachte Oeffnung bringe und die Beugungsfigur eines leuchtenden Punktes beobachte, sollte es hierzu nothwendig sein, dass die Lichtstrahlen sich an dem Metall meines Plättchens reiben?

Diese Anschauung Abbe's ist um so seltsamer, da er ja selbst auf die Beugung und die Interferenz der Lichtstrahlen seine Theorie aufgebaut hat, und diese Theorie aus einem tieferen Verständniss der dem allgemeinen Undulationsgesetz unterworfenen Wirkungen der Lichtwellen geschöpft zu haben behauptet.

mit weit geringeren aus und sind hier ebenso wie bei den anderen Instrumenten die Zerstreuungskreise der Beugung für die Definition nicht hervortretend. Wenn wir im Allgemeinen von der definirenden Kraft der mikroskopischen Bilder sprechen, so meinen wir hier wie auch sonst überall. jene Wirkungen der Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration, welche sich besonders in der Herabsetzung der Helligkeitsunterschiede äussern, dadurch die Bilder undeutlich, nebelig und verschwommen machen und in exquisiten Fällen jenes bekannte Lichtmeer erzeugen, aus welchem die Details der Bilder nur hervorschimmern, während jene Wirkungen der übergrossen Zerstreuungskreise der Beugung nur grobe Details in grober Form zeigen. Wie gesagt sind wir selten in der Lage, so überstarke Vergrösserungen verwerthen zu können, und ist daher jene Trennung der penetrirenden und definirenden Kraft auch für das Mikroskop gültig.

Da unsere mikroskopischen Bilder meist keinen Ueberfluss an Contrast haben, dagegen häufig zart und fein sind, so ist eine gute Correction gerade auch beim Mikroskop ein Haupterforderniss für seine Brauchbarkeit. Dass wir durch künstliche Versuchsanordnungen selbst mit mangelhaft corrigirten Objectiven uns der berechneten Grösse von δ nähern konnten. stützt zwar unsere theoretischen Anschauungen, lässt aber keineswegs eine gute Correction entbehrlich erscheinen. Die einem grossen Oeffnungswinkel zu Gebote stehende penetrirende Kraft wird selten mit Nutzen zur Verwendung kommen, wenn sie nicht mit einer tüchtigen Correction begleitet ist.

Die Schwierigkeiten derselben sind beim Mikroskopobjectiv trotz des hier in Betracht kommenden grossen Oeffnungswinkels nicht grösser, als anderswo, ja sogar gegenüber den grösseren Fernrohr- und Cameraobjectiven geringer. Die Kleinheit des Objectivdurchmessers, die Kürze des Bildabstandes erleichtern nicht nur die Technik der Fabrikation, sondern sie geben auch ungleich viel günstigere Chancen für eine geringere Grösse der Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration, wie wir schon früher haben folgern müssen.

Fragen wir uns nun, welche Grösse wir dem Oeffnungswinkel unserer Objective mit Nutzen geben sollen, so ist auch hier wie überall der grösste Oeffnungswinkel der beste, soweit dieses eine genügende Correction der Objective zulässt und brauchen wir nach Obigem nicht zu fürchten, dass ein Theil des grossen Oeffnungswinkels ungenützt bleibe. Die Anschauungen von Nägeli und Schwendener, dass wir mit einem Oeffnungswinkel von 30 Grad dasselbe erreichen müssten, wie mit einem Oeffnungswinkel von 180 Grad, wenn nur die Correction eine gute ist, treffen demnach nicht zu, weil wir in der Brechung und diffusen Zerstreuung des Lichtes innerhalb der Objecte einen genügenden Anhalt haben, um uns die Ausnutzung auch

des grössten Oeffnnngswinkels zu erklären. Der dunkle Raum, der durch die meist allein verwerthbare Beleuchtung vermittelst Strahlenkegeln von 30 Grad entsteht, dient gerade den für die penetrirende Kraft der Bilder wirksamsten Strahlen zum Durchgang und kann daher keineswegs entbehrt werden.

Wenn uns auch die Möglichkeit geboten wird, gemäss der Helmholtz'schen Formel $\varepsilon = \frac{\lambda}{2 \sin \alpha'}$ durch einen Oeffnungswinkel von der Grösse α' ein Objectdetail von der Grösse ε zu unterscheiden, so ist damit nur die äusserste Grenze gegeben, bis zu der die Grösse α' herabgehen darf. Wir können einen viel grösseren Winkel auch für gröbere Details immer mit Vortheil verwerthen, und ist daher auch abgesehen von den feinsten Details ein grosser Oeffnungswinkel durchaus nicht überflüssig.

Was die von Harting und anderen viel untersuchte Grenze der mikroskopischen Wahrnehmung für einzelne Objectelemente betrifft, so existirt dieselbe beim Mikroskop ebensowenig, wie sie für das Auge und das Fernrohr vorhanden ist. Mag ein einzelnes Objecttheilchen noch so klein sein, seine Grösse kann in dem vom Objectiv erzeugten Bilde nie einen kleineren Durchmesser haben als $1 \cdot 2\ \lambda \operatorname{ctg} \alpha$, wenn es überhaupt um sich herum Raum genug hat, um diese Grösse zu entwickeln; wenn nur die Intensitätsunterschiede zwischen dem Objecttheilchen und seiner Umgebung gross genug sind, dann bleibt es auch sichtbar. Wenn wir in eine undurchsichtige Schicht ein noch so kleines Löchelchen machen und wir leiten nur Licht von genügender Intensität hindurch, dann bleibt es doch wahrnehmbar, und ähnliches gilt, wie wir gesehen haben, auch für dunkle Objecte auf hellem Grunde. Eine absolute Grenze für die Wahrnehmung einzelner Objecte ist daher nicht vorhanden.

Eine weitere wichtige Frage für uns ist die, welche Brennweite wir unseren Mikroskopobjectiven geben sollen. Die Brennweite der Objective steht mit der Vergrösserungsziffer unserer Mikroskope in nahem Zusammenhange, und die Vergrösserungsziffer hat wohl bisher in den Anschauungen über das mikroskopische Sehen die hervorragendste Rolle gespielt. Wir wollen daher die Bedeutung der Brennweite und der Vergrösserungsziffer zunächst für die penetrirende Kraft des Mikroskopes in Betracht ziehen.

Beim Auge und beim Fernrohr haben wir gesehen, dass die Brennweite für die penetrirende Kraft derselben von grosser Wichtigkeit war. Denn wenn auch die kleinste im Bilde darstellbare Distanz nur von dem Projectionswinkel, d. h. von der Oeffnungsgrösse des Instrumentes abhing, so stand doch der Sehwinkel dieser Distanz, d. h. die absolute Leistung, zu der Brennweite in directem Abhängigkeitsverhältniss; die kleinste in einem Object unterscheidbare Distanz war daher sowohl von der Oeffnungsgrösse

des Auges und des Fernrohres, als auch von der Brennweite, die bei beiden zugleich annähernd den Bildabstand repräsentirt, abhängig. Anders beim Mikroskop. Hier haben Brennweite und Bildabstand nichts miteinander zu thun und können wir bei jeder beliebigen Brennweite jeden beliebigen Bildabstand wählen. Bei gleicher Oeffnung und verschiedener Brennweite können wir zwar die verschiedensten Details im Bilde haben, diese entsprechen jedoch demselben Objectdetail, die absolute Leistung bleibt dieselbe. Daher ist die penetrirende Kraft des Mikroskops völlig unabhängig von der Brennweite und allein abhängig vom Oeffnungswinkel.[1]

Auch die Vergrösserungsziffer erweist sich für die penetrirende Kraft des Mikroskops nur innerhalb enger Grenzen von absoluter Wichtigkeit. Da die kleinste unterscheidbare Distanz eines in Luft liegenden Objectes $0 \cdot 275^{\mu}$ beträgt, und da die kleinste auf der Retina thatsächlich unterscheidbare Distanz bei einem guten Auge wohl gleich 6^{μ} gesetzt werden kann, so reichte es selbst für die feinsten mikroskopischen Untersuchungen bereits aus, wenn wir ein Object 22 Mal grösser auf der Retina abbilden. Dieses entspricht für 8 Zoll Sehweite einer Vergrösserungsziffer von etwa 300. Die selbst bei den feinsten Untersuchungen absolut nothwendige Vergrösserungsziffer ist also gering. Warum erreichen wir nun vermittelst derselben dennoch nicht die durch das Mikroskop zu Gebote stehenden Details, sondern warum ist eine höhere Vergrösserungsziffer für uns oft von Nutzen? Die hier maassgebenden Gründe sind bereits bei der Optik des Auges erörtert. Um zu den feinsten Details zu gelangen, müssen wir bis zu den Grenzen der Helligkeitsunterschiede gehen; die Helligkeitsunterschiede werden hier sehr gering, besonders wenn wir es noch mit blassen Objectdetails zu thun haben. Nun ist die Retina sehr empfindlich gegen ausserordentlich geringe Helligkeitsunterschiede, wenn ihr dieselben in einer grösseren Fläche, in einem bequemen Raume geboten werden; sie ist dagegen gegen Helligkeitsunterschiede sehr stumpf, sobald sich diese innerhalb eines engen Raumes befinden. Dieser Umstand erschwerte uns die Prüfung der penetrirenden Kraft des Auges; er veranlasste uns bei unseren Experimenten zur Bestimmung der kleinsten Distanz, welche mit einem von den anderen Instrumenten erreichbar ist, immer relativ bedeutende Vergrösserungen zu wählen; derselbe Umstand ist auch die Veranlassung, warum wir für die feinsten Details nicht eine 300 malige Vergrösserung, sondern vielleicht eine dreimal höhere wählen, und zuweilen noch stärkere Vergrösserungen vorziehen.

[1] Abbe meint (*Beiträge* u. s. w., S. 429): dass das absolute optische Vermögen bei gleicher relativer Güte der Construction in demselben Verhältnisse zunehmen muss, in welchem die Brennweite abnimmt." Dieses ist nicht richtig; die absolute Leistung des Mikroskops hat mit der Brennweite nichts zu thun.



Wenn daher auch die Vergrösserungsziffer für die penetrirende Kraft des Mikroskops absolute Wichtigkeit nur innerhalb sehr enger Grenzen hat, so ist sie doch wegen jenes Umstandes für dieselbe von relativ hervorragender Bedeutung, und die Ueberlegenheit des zusammengesetzten Mikroskops vor dem einfachen beruht, wenn auch die sonstigen Verhältnisse gleich günstig sind, doch auf der durch das zusammengesetzte Mikroskop leicht erreichbaren höheren Vergrösserungsziffer.

Es ist klar, dass die definirende Kraft entsprechend der Höhe der Vergrösserungsziffer abnehmen muss; wir werden daher diese Ziffer nur soweit steigern, als es uns für die Ausnutzung der penetrirenden Kraft nothwendig erscheint. Es werden beim Mikroskop, ebenso wie wir es beim astronomischen Fernrohr gefunden haben, Fälle vorkommen, wo wir mit Hintansetzung aller Rücksichten auf die Definition nur die Ausnutzung der penetrirenden Kraft beabsichtigen, und werden dann sehr hohe Vergrösserung, vielleicht 1000- bis 2000malige, wählen, um nur jene Bequemlichkeit des Raumunterschiedes zu haben, die für Ausnutzung geringer Helligkeitsunterschiede unserem Auge so erwünscht ist. Wir erhalten damit jene Fälle, wo selbst die Zerstreuungskreise der Beugung eine solche Grösse erlangen, dass sie für die definirende Kraft der Bilder merkbar werden. In den meisten Fällen allerdings dürfen wir diese Rücksicht auf die Definition nicht aufgeben; die Natur der meisten mikroskopischen Objecte erfordert zu einer erfolgreichen Beobachtung neben der Unterscheidung der Details auch eine tüchtige definirende Kraft. Nicht nur, um den Zusammenhang der Details besser zu übersehen, sondern geradezu um diejenigen Verhältnisse zu erkennen, die in dem Zwecke unserer Untersuchung liegen, müssen wir weit geringere Vergrösserungen anwenden, um jene Energie des Bildes zu bekommen, die wir für die Beurtheilung benöthigen.

So kommt es, dass die Anwendung sehr starker Vergrösserungen, wie man sie bei Verwendung sehr starker Oculare u. s. w. leicht erreichen kann, für uns selten in Frage kommt.

Bei den Vergrösserungen, wie wir sie gewöhnlich zu benutzen pflegen, tritt jene Beeinflussung der Definition durch die Zerstreuungskreise der Beugung nicht hervor; hier sind es vor allem die Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration, welche häufig die definirende Kraft herabsetzen. Die Natur der meisten mikroskopischen Objecte verlangt es aber, dass wir mit den Helligkeitsunterschieden der Bilder möglichst sparsam umgehen, die Energie und Schärfe derselben möglichst zu erhalten suchen; darum ist auch beim Mikroskopobjectiv neben der Grösse des Oeffnungswinkels die Sorgfalt der Correction eine Hauptbedingung für die Brauchbarkeit derselben. Wir werden darum bei gut corrigirten Ob-

jectiven häufig mit Nutzen höhere Vergrösserungen gebrauchen, als bei mangelhaft corrigirten.

Was nun den Einfluss der Brennweite auf die Definition betrifft, der sich unabhängig von der Höhe der Vergrösserungsziffer discutiren lässt, so ist folgendes leicht einzusehen. Die Brennweite und der Durchmesser der Objective stehen, wie wir bereits erwähnt haben, in einem directen Abhängigkeitsverhältniss. Je kürzer die Brennweite, desto kleiner ist der Objectivdurchmesser, wenn wir die Oeffnungsgrösse gleich setzen. Nun werden aber nach dem dritten jener Sätze über die sphärische Aberration die Zerstreuungskreise der letzteren mit dem kleineren Objectivdurchmesser im Verhältniss der dritten Potenz kleiner. Es folgt daraus, dass die kürzere Brennweite ungleich bessere Chancen für eine tüchtige Correction, für eine gute Definition hat, als die längere Brennweite. Hierauf allein beruhen die Vorzüge unserer sehr starken Objective, wenn dieselben, wie es häufig der Fall ist, dieselbe Oeffnungsgrösse haben, wie schwächere.

Wir werden allerdings in der Verkürzung der Brennweiten bald eine Grenze finden, sobald die Dimensionen der Objectivtheile so gering werden, dass dadurch wesentliche technische Schwierigkeiten entstehen und die Sorgfalt der Correction erheblich beeinträchtigt wird.[1]

Eine weitere das Mikroskop berührende Frage betrifft die Grösse des Bildabstandes, die Tubuslänge, die wir den Mikroskopen zu geben haben. Nach dem zweiten jener Sätze über die sphärische Aberration werden die Zerstreungskreise derselben mit zunehmendem Bildabstand im quadratischen Verhältnisse kleiner. Der längere Bildabstand hat also günstigere Chancen für eine tüchtige Correction, für eine gute Definition. Hierzu kommt noch, dass wir bei einem längeren Tubus mit schwächeren Ocularen auskommen, demnach die Zerstreungskreise nicht so stark zu vergrössern brauchen, wie es bei kürzerem Tubus und stärkerem Ocular der Fall ist. Der längere Tubus hat daher für die Definition entschiedene Vortheile. Für die Pene-

[1] Wenn Abbe meint (*Beiträge* u. s. w., S. 431), dass die Verwerthung kürzerer Brennweiten dadurch beschränkt werde, dass die Objective mit kurzer Brennweite wegen ihres geringen Durchmessers nach Art sehr enger Oeffnungen bald eine zu erhebliche Diffractionswirkung ausüben, so ist das nicht richtig. Die Objective mit kurzer Brennweite und kleinem Durchmesser üben bei gleichem Oeffnungswinkel keine grössere Diffractionswirkung aus, als solche mit grosser Brennweite und grossem Durchmesser, sobald wir, was ja in unserer Hand liegt, dieselbe Vergrösserungsziffer wählen. In solchen Fällen übt ein Objectiv mit $^1/_2$ mm Durchmesser genau dieselbe Diffractionswirkung aus, wie eines mit 2 mm Durchmesser; das erstere würde aber bei weitem vorzuziehen sein, wenn die Kleinheit der Dimensionen dieselbe Sorgfalt der Correction gestattete, wie es bei dem zweiten der Fall ist. Dass der Gebrauch sehr starker Objective noch beschränkt wird durch die grosse Empfindlichkeit derselben gegen geringe Unterschiede der Deckglasdicken u. s. w. ist bekannt.

tration ist die Länge des Tubus gleichgültig, denn wenn auch die Details des Bildes bei kürzerem Tubus wegen des grösseren Projectionswinkels kleiner werden, so entsprechen sie doch immer denselben Objectdetails, bieten also keinen Vortheil.

Die beste Länge des Tubus auf theoretischem Wege zu bestimmen, wäre wohl nicht ausführbar; darüber entscheiden, ebenso wie es beim Bildabstande des Fernrohres der Fall war, die Erfahrungen der Techniker.

Was schliesslich das Ocular betrifft, so ist die Function desselben eine doppelte: die Vereinigung der einem Strahlenkegel angehörigen Strahlen auf der Netzhaut, d. h. die Erzeugung eines Bildes hierselbst, und die Herstellung eines grösseren und ebenen Gesichtsfeldes. Das Erstere ist vornehmlich die Aufgabe der Augenlinse, das Zweite die Aufgabe der Collectivlinse und zwar sowohl beim Huygens'schen wie beim orthoskopischen und dem Ramsden'schen Ocular, die sich so von einander unterscheiden, dass das erste die Collectivlinse etwas unterhalb des Ocularbildes, das zweite etwa am Orte des Ocularbildes und das dritte etwas oberhalb des Ocularbildes haben. Beim orthoskopischen Ocular sind desshalb jene beiden Functionen am vollständigsten getrennt. Dass stärkere Oculare die Definition herabsetzen, indem sie die Zerstreuungskreise des vom Objectiv erzeugten Bildes mehr vergrössern als schwächere, dagegen die Raumunterscheidung bequemer machen und umgekehrt, ist schon beim Fernrohr erwähnt und bedarf keiner weiteren Erörterung. Im allgemeinen wollen wir daran fest halten, dass das Ocular dem vom Objectiv erzeugten Bilde nichts hinzuzufügen vermag und nur den Zweck hat, dieses Bild der Retina zu übermitteln; ist die Brennweite gleich der des Auges, so ist das Bild im Ocular dem Bilde auf der Retina an Grösse und sonstigen Eigenschaften gleich; bei kürzererer Brennweite vergrössern sich die Zerstreuungskreise, bei längerer werden sie kleiner. Dass das Ocular, wenn es auch nicht achromatisch ist, doch keine merkbare Verschlechterung des vom Objectiv gelieferten Bildes hervorruft, beruht darauf, dass es nur Strahlenkegel von geringer Weite zu vereinigen hat. Gegenüber dem Objectiv ist es von durchaus untergeordneter Bedeutung.

Blicken wir noch einmal auf unsere Auseinandersetzungen zurück, so sind wir von den Wirkungen der Zerstreuungskreise der Beugung ausgegangen. Wir haben durch directe Versuche nachweisen können, dass von allen optischen Instrumenten und selbst von den mangelhaft corrigirten die durch die Beugung gesetzte Grenze der penetrirenden Kraft erreicht

wird. Wir wurden dadurch genöthigt, auch die Wirkungen der Zerstreuungskreise der sphärischen und chromatischen Aberration in Betracht zu ziehen und fanden, mit Hülfe einfacher Beobachtungen und jener Figur, dass die penetrirende Kraft der Bilder unabhängig sei von den Zerstreuungskreisen der sphärischen und chromatischen Aberration, dagegen abhängig von den Zerstreuungskreisen der Beugung, die definirende Kraft aber in den Ersteren ihre Quelle habe. Auf Grund dieser Trennung, dieser Erkenntniss von der specifischen Wirkung der verschiedenen Aberrationen gelang es uns leicht, die Eigenschaften der Bilder in allen Gebieten der Bilderzeugung auf die verschiedenen Zerstreuungskreise zurückzuführen und damit die Theorie der Bilderzeugung klar zu legen. —

Versuche an der Leiche über die Wirkung der Zwischenrippenmuskeln und der Rippenheber.

Von

Prof. V. v. Ebner
in Graz.

Ausgeführt im anatomischen Institute in Tübingen im Winter 1877/78.

Durch die im Folgenden mitgetheilten Versuche sollte ermittelt werden, wie sich die Entfernungen der beiden Insertionspunkte der Zwischenrippenmuskeln und der Rippenheber bei Bewegungen des Brustkorbes und der Wirbelsäule ändern. Das Resultat solcher Versuche würde jedoch einen nur geringen Werth beanspruchen können, wenn dasselbe nicht einige Folgerungen zulassen würde bezüglich der Wirkungen, welche die fraglichen Muskeln im Leben ausüben. Solche Folgerungen sind aber nur dann mit einiger Sicherheit zu ziehen, wenn sie die Kenntniss der Mechanik der natürlichen Bewegungen des Brustkorbes zur Grundlage haben. Es dürfte sich daher empfehlen zunächst den Stand der Lehre von den Thoraxbewegungen einer Besprechung zu unterziehen.

Die Vorstellung von der Mechanik der Rippenbewegung spielte schon in dem bekannten Streite zwischen Hamberger und Haller über den Respirationsmechanismus eine grosse Rolle. Hamberger dachte sich die Rippen in einem Charnier beweglich, das von den Gelenken der Köpfchen und Höcker der Rippen mit den entsprechenden Stellen der Wirbel gebildet wird. Das vordere Ende der Rippe sollte nur gerade auf- und absteigen. Auf Grund dieser Vorstellung und unter der weiteren Voraussetzung, dass die Rippen einander parallel sind und es auch bei ihrer respiratorischen Bewegung bleiben, construirte Hamberger sein bekanntes Schema, welches beweisen soll, dass die Rippen beim Aufsteigen aus ihrer schief nach unten gerichteten Lage sich von einander entfernen — mit anderen Worten,

dass durch die Erhebung der Rippen nothwendig die Intercostalräume weiter werden müssen.

Dem gegenüber behauptete Haller, dass die Rippen ausser der von Hamberger angenommenen Charnierbewegung noch einer zweiten Bewegung fähig seien, welche um eine durch das Rippenköpfchen und das Gelenk zwischen Rippenknorpel und Brustbein gehende Axe geschehe. Die Rippen sollten sich um diese Axe aus- und aufwärts wälzen. Ist dies richtig, so haben das Schema Hamberger's und die auf demselben fussenden, an sich richtigen mathematischen Auseinandersetzungen keinen Werth. Haller fand bei seinen zahlreichen Vivisectionen an Hunden u. s. w., dass die Rippen, obwohl sie sich nach aufwärts bewegen, sich dennoch einander nähern können, dass also die Intercostalräume bei Inspirationsbewegungen durchaus nicht nothwendig weiter werden müssen.

Die Ansicht Haller's, dass die Rippen um zwei Axen — nämlich um eine transversale und um eine sagittale — drehbar seien, schien in einer sehr klaren Weise bestätigt zu sein durch Beobachtungen, welche E. H. Weber[1] beim Seehunde machte. Bei diesem Thiere lässt sich nämlich ohne Schwierigkeit die Rippe unabhängig von irgend einer Brustbeinbewegung seitlich erheben, wobei sich der vorher herabhängende Bogen jeder Rippe vorwärts gegen den Kopf hin bewegt und dadurch einen grösseren Raum umspannt. E. H. Weber deutet diese Bewegung als Drehung um eine sagittale Axe im Sinne Haller's. Beim Menschen, sagt E. H. Weber, lässt sich diese Bewegung nur mit einiger Gewalt ausführen und die Knorpel werden so torquirt, dass sie in ihre ursprüngliche Stellung zurück zu kehren streben. Die Rippenknorpel des Seehundes aber sind verknöchert und durch wahre Gelenke mit dem Brustbeine und durch Symphysen mit den hinteren Rippenstücken verbunden und federn bei seitlicher Erhebung nicht merklich. Ausserdem können die Rippen des Seehundes der Bewegung des Brustbeines gegen den Kopf folgen, jedoch kann diese Aufwärtsbewegung der Rippen nicht stattfinden, ohne dass in einem gewissen Grade auch die bereits beschriebene Art der Bewegung der Rippen nach auswärts erfolgt. Es scheint demnach beim Seehunde ein für den ersten Anblick zweifelloses Beispiel der Drehbarkeit der Rippen um zwei aufeinander senkrechte Axen — eine sagittale und eine transversale — vorzuliegen. Denn macht man einmal die Annahme, dass die beiden Rippen eines Rippenringes um eine gemeinsame transversale Axe sich drehen, so bleibt wohl kein Ausweg übrig, die seitliche Erhebung der Rippen beim Seehunde anders, als durch eine Bewegung um eine sagittale Axe zu erklären.

[1] *Berichte über die Verhandlungen der Königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.* Jahrg. 1850. S. 114.



Ein wesentlich neuer Gesichtspunkt wurde in die Betrachtung der Mechanik der Rippenbewegung durch die Erkenntniss der Thatsache eingeführt, dass die Drehungsaxe der Rippe weder transversal, noch sagittal, sondern schief von vorn und innen nach hinten und aussen in der Richtung des Rippenhalses verläuft. Diese Thatsache wurde zwar schon vor hundert Jahren von Trendelenburg[1] vollständig klar erkannt und zur Begründung einer Lehre von der Mechanik der Thoraxbewegungen verwendet, welche in vielen wesentlichen Punkten mit der Darstellung von A. W. Volkmann[2] übereinstimmt. Allein ausser C. L. Merkel[3] scheint in neuerer Zeit Niemand die Dissertation Trendelenburg's beachtet zu haben. Helmholtz[4] fand selbständig, dass die Drehung der herabhängenden Rippe um die schief im Rippenhalse liegende Axe die Rippe von der Medianebene und dem Brustbeine nach aussen entfernen müsse. Dies könne nur geschehen, wenn die Rippen und ihre Knorpel sich biegen. Auf diese Weise wird durch die Drehungen der Rippen um ihre schiefliegenden Axen gleichzeitig die Erweiterung des Thorax im transversalen und im sagittalen Durchmesser bewirkt und lassen die erweiternden Kräfte nach, so müssen die Rippen durch Federkraft in ihre Ruhelage zurückkehren. Meissner[5] und Henke[6] haben die Richtung der Drehungsaxen der Rippen genauer bestimmt und gefunden, dass die Drehungsaxe der ersten Rippe der transversalen Richtung noch am nächsten steht, während sie an den folgenden Rippen mehr und mehr nach hinten gerichtet ist. Henke hat insbesondere constatirt, dass Stifte, welche in der Richtung des Rippenhalses in die Rippenhöcker gesteckt sind, bei einfacher Hebung und Senkung der Rippe still stehen — also in der Drehungsaxe liegen. Doch hatten diese Arbeiten zunächst keinen durchgreifenden Einfluss auf die Auffassung der Mechanik der Rippen- und Thoraxbewegung, obwohl C. Ludwig in seinem Lehrbuche der Physiologie sie verwerthete. Nach wie vor wird noch von Drehungen um transversale und sagittale Axen gesprochen und werden Betrachtungen und Versuche angestellt, als ob die eine Bewegung unabhängig von der anderen ausführbar wäre.

Hermann Meyer[7] glaubt den Brustkorb einem Systeme von Ringen

---

[1] *De sterni costarumque in respiratione vera genuinaque motus ratione.* Göttingen 1779.

[2] Zur Mechanik des Brustkastens. *Zeitschr. f. Anatomie u. Entwicklungsgesch.*

[3] *Anatomie und Physiologie des Stimm- und Sprachorgans.* (Anthropophonik.) Leipzig 1857.

[4] *Verhandlungen des naturhistor. Vereines der preuss. Rheinlande* u. s. w. 1856.

[5] *Jahresbericht f. 1856.*

[6] *Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke.* Leipzig 1863.

[7] *Die Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes.* Leipzig 1873, S. 257.

vergleichen zu dürfen, welche nur um transversale Axen sich bewegen. Er leitet die seitliche Erweiterung des Thorax von der Streckung der Knickungswinkel zwischen Knochen und Knorpel der unteren echten Rippen bei Erhebung der Rippen ab und nimmt einen Mechanismus an, der die Entfernung der Rippen von der Medianebene und dem Brustbeine einzig und allein durch die rückwirkende Elasticität der Knorpel und knöchernen Rippen erklären würde.

Eine sehr gründliche Bearbeitung hat die Mechanik der Rippenbewegung durch A. W. Volkmann[1] gefunden. Volkmann knüpft an die Bemerkungen von Helmholtz und an die Versuche von Henke an und weist nach, dass die Vorstellung, als könnten die beiden Rippen eines Ringes beim Heben und Senken eine gemeinsame Drehung ausführen, gänzlich zu verwerfen sei. Er findet, dass jede der beiden Rippen eines Paares ihre eigene Drehungsaxe habe, welche sich mit jener der anderen Seite nach vorne zu schneide und ungefähr in einer durch den Rippenhals der betreffenden Rippe und das vordere knöcherne Ende der entgegengesetzten Rippe gelegten senkrechten Ebene horizontal verlaufe. Unter diesen Umständen ergiebt sich sofort, dass jede Erhebung oder Senkung der Rippen unmöglich wäre, wenn die Rippenringe ein starres Ganzes bilden würden; denn die Bewegung, welche die eine Axe forderte, müsste durch die der anderen Köperseite verhindert werden. Die Anwesenheit der Knorpel, ihre Biegsamkeit und bewegliche Verbindung mit dem Brustbeine macht überhaupt die Bewegung der Rippen erst möglich. Es ist jedoch schwierig, sich die aus den einzelnen Rippenbewegungen resultirende Bewegung des Brustkorbes richtig vorzustellen. Denn die Rotationen jeder Rippe eines Ringes suchen natürlich mehr als die eine Hälfte des Thorax zu bewegen und zwar in entgegengesetztem Sinne. Die Bewegungen der einzelnen Rippenpunkte müssen um so ausgiebiger sein, je weiter sie von der Drehungsaxe entfernt, je länger die von ihnen auf die Drehungsaxe gezogenen Senkrechten (Radii vectores) sind. Es ergab sich nun, dass am Sternalende der knöchernen Rippe der Radius vector der betreffenden Rippenaxe am grössten, jener der anderen gleich Null ist. Am Brustbeine sind die Radiusvectoren beider Seiten gleich, die Bewegungen, soweit sie entgegengesetzt sind, heben sich gegenseitig auf, es bleiben aber noch von beiden Seiten Componenten übrig, welche in demselben Sinne eine Bewegung gerade nach vorn und oben beziehungsweise nach hinten und unten bewirken können. Wenn aber das Brustbein in der Medianlinie auf- und absteigt und zugleich nach vorn und hinten sich bewegt, während die Rippe am ausgiebigsten mit ihrem knöchernen Vorderende um ihre Drehungsaxe nach auswärts auf- und absteigt, so muss

[1] A. a. O.

sich nothwendig das Sternalende der Rippe vom Brustbeine entfernen. Diese Entfernung wird ermöglicht durch abwechselndes Abflachen und wieder Zurückfedern der Biegung, welche der von der Rippe zum Brustbeine aufsteigende Knorpel besitzt und durch eine entsprechende Drehung im Gelenke zwischen Knorpel und Brustbein. Volkmann kommt schliesslich bei der Betrachtung der Abhängigkeit der Bewegung des Brustbeines von jener der Rippe zu dem Resultate, dass die Sternalenden der knöchernen Rippen viel ausgiebigere Bewegungen machen müssen, als das Brustbein, weil sie die längsten Radiusvectoren besitzen.[1] Würde sich der Brustkorb in der Weise bewegen, wie H. Meyer annimmt, so müsste umgekehrt das Brustbein sich ausgiebiger bewegen, als die Enden der Rippen. Versuche mit Aufblasen des Thorax an der Leiche ergaben Volkmann Resultate, welche ganz entschieden für die Richtigkeit seiner Darstellung sprechen. An Lebenden hat bereits Ackermann[2] festgestellt, dass die Rippenbögen viel stärker erhoben werden, als das Ende des Sternums, und schon Merkel[3] hatte gefunden, dass bei der Inspiration die vorderen Partien der Rippen bei gleichzeitiger Auswärtsbewegung weiter vorwärts rücken als das Sternum. Ransom[4] hat mit seinem Stethometer Messungen an Lebenden gemacht, welche ebenfalls zeigen, dass im Allgemeinen die vorderen Enden der Rippen bei der Inspiration sich mehr aufwärts und vorwärts bewegen, als das Brustbein. Die Ergebnisse, zu welchen Ransom gekommen ist, sind um so bemerkenswerther, als seine Messungen die dritte und fünfte Rippe betreffen, an welchen die in Rede stehende Erscheinung offenbar weniger deutlich zu

[1] Zu ganz ähnlichen Folgerungen, wie Volkmann, war auch Trendelenburg (a. a. O.) gekommen; nur verlegte derselbe die längsten Radiusvectoren nicht in die Rippenenden, sondern in die Mitte der Rippen. Dies rührt daher, dass er die Drehungsaxen der Rippen im Allgemeinen unter viel spitzeren Winkeln sich kreuzen liess, als Volkmann. Eine Vergleichung der Zahlen wird dies am besten zeigen. Der Winkel, unter welchem die Drehungsaxen der correspondirenden Rippen sich kreuzen, beträgt:

Nummer der Rippe.	Nach Trendelenburg.	Nach Volkmann.	Nummer der Rippe.	Nach Trendelenburg.	Nach Volkmann.
I	160°	162°	VI	85°	109°
II	110°	128°	VII	87°	109°
III	86°	125°	VIII	90°	88°
IV	76°	111°	IX	94°	92°
V	82°	108°	X	96°	88°

[2] *Centralbl. f. d. med. Wissensch.* 1864. S. 113.

[3] A. a. O.

[4] *Medico chirurgical Transactions.* London 1873. Bd. 56, S. 82.

Tage treten muss, als an den weiter nach abwärts gelegenen Rippen. Die Darstellung der Mechanik des Brustkastens, wie sie von Volkmann gegeben wurde, macht auch den Bau des Brustkorbes weit verständlicher, als er es sonst wäre. Man begreift, warum der erste Rippenknorpel ohne Knickung an die knöcherne Rippe sich anschliesst und kein Gelenk am Brustbeine hat. Die erste Rippe ist sehr kurz und hat eine mehr transversale Drehungsaxe und kann sich daher mit ihrem Vorderende nur wenig nach aussen bewegen. An den folgenden Rippen nimmt die Neigung der Drehungsaxe gegen die Medianebene rasch zu. Dem entsprechend sind die Knorpel durch Gelenke mit dem Brustbeine verbunden und mehr und mehr von der Rippe nach aufwärts gekrümmt. Von der achten Rippe an bilden die Drehungsaxen mit der Medianebene Winkel von ungefähr 45°, so dass in Folge dessen die Auswärtsbewegung der Rippen der Vorwärtsbewegung nahezu gleich ist und dem entsprechend findet sich an den unteren echten Rippen nur mehr eine indirecte Verbindung der Knorpel mit dem Brustbeine. Durch die Ausführungen Volkmann's werden auch die eigenthümlichen Einrichtungen verständlich, welche, wie oben erwähnt wurde, E. H. Weber beim Seehunde gefunden hat, ohne dass man eine Bewegung der Rippe um zwei verschiedene Axen annehmen müsste. Wenn jede Rippe um eine einzige von hinten und aussen nach vorn und innen gerichtete Axe sich dreht, so ist ja eine seitliche Erhebung der Rippe denkbar, ohne dass das Brustbein mitgeht, wenn nur die Verbindung des Rippenknorpels mit der Rippe einerseits und mit dem Brustbeine andererseits eine so lockere ist, dass erhebliche Spannungen nicht eintreten. Dagegen könnte das Brustbein nicht gehoben werden, ohne dass gleichzeitig eine seitliche Erhebung der Rippe eintritt, was mit den thatsächlichen Befunden Weber's übereinstimmt. Wäre aber eine sagittale und eine transversale Drehungsaxe der Rippe vorhanden, so ist nicht einzusehen, warum die Rippe einem geraden Zuge am Brustbeine nicht ohne Seitwärtsbewegung sollte folgen können.

Bevor ich auf die Mittheilung meiner Versuche eingehe, glaube ich auch noch Einiges über den Zustand der Lehre von der Wirkung der Intercostalmuskeln und Rippenheber vorausschicken zu sollen.

Bekanntlich hat Hamberger auf Grund seines Schemas der Rippenmechanik die Behauptung aufgestellt, dass die äusseren Zwischenrippenmuskeln die Rippen heben, die inneren sie herabziehen müssen. Nur der vorderste zwischen den aufsteigenden Rippenknorpeln befindliche Theil der Intercostales interni, die er Intercartilaginei nannte, sollte, wie die inneren Zwischenrippenmuskeln, während der Inspiration sich zusammenziehen. Dem entgegen behauptete Haller auf Grund seiner Versuche und gestützt auf

zahlreiche, grösstentheils an Hunden ausgeführte Vivisectionen, dass beide Zwischenrippenmuskeln die Rippen heben und während der Inspiration sich zusammenziehen. Im Wesentlichen dreht sich der Streit bis auf den heutigen Tag um die Wirkung der inneren Zwischenrippenmuskeln, obwohl — wie aus einer übersichtlichen Zusammenstellung, die Volkmann[1] gegeben hat, hervorgeht — eine wahre Musterkarte von Meinungen über die Wirkungen der beiden Intercostalmuskeln existirt. Es würde zu weit führen, alle Ansichten hier einzeln durchzugehen und es genügt einige Hauptpunkte hervorzuheben. Das Hamberger'sche Schema hat insbesondere durch die Ausführungen Hutchinson's[2] bis in die neueste Zeit viele Anhänger gefunden; doch fehlte es nie an Gegnern, welche die Anwendbarkeit desselben für die Demonstration der Wirkung der Intercostalmuskeln bestritten. Volkmann hat in seiner Abhandlung zur Theorie der Intercostalmuskeln die mechanischen Verhältnisse ausführlich erörtert, welche auf die Wirkung der Muskeln von Einfluss sein können. Er weist nach, dass das Hamberger'sche Schema auf die Rippenbewegung nicht anwendbar ist, dass zwei benachbarte Rippen keine Parallelbewegung ausführen, wenn sie unter der Einwirkung von elastischen Schnüren stehen, die in der Richtung der Intercostalmuskeln angebracht werden, dass vielmehr jedes Mal die obere Rippe etwas herab- und die untere stärker hinaufsteige und kommt zu dem Resultate, dass sowohl die äusseren als die inneren Intercostalmuskeln Rippenheber sind. Bei der respiratorischen Bewegung des Brustkorbes im Ganzen handelt es sich jedoch nicht um die Bewegung einzelner Rippen und Rippenpaare und so richtig die mechanischen Betrachtungen Volkmann's auch sein mögen, so reichen sie doch nicht hin, um die Wirkung der Intercostalmuskeln bei der Respiration mit Sicherheit zu beurtheilen. Die Lösung dieser Frage hängt vielmehr von der Beantwortung der Vorfrage ab, ob die Intercostalräume bei der Inspiration sich erweitern und von der Beantwortung der damit zusammenhängenden Frage, wie die Abstände der Insertionspunkte der Intercostalmuskeln bei der In- und Exspiration sich ändern. Die Lösung der letzteren Frage kann nur indirect durch Versuche an der Leiche angestrebt werden. Ob die Intercostalräume beim Einathmen sich erweitern, ist bis heute nicht mit Sicherheit entschieden —. Die Beweiskräftigkeit der Versuche an Bänderpräparaten des Thorax mit künstlich nachgemachten inneren Intercostalmuskeln, wie sie von Haller,[3] Budge,[4]

---

[1] Zur Theorie der Intercostalmuskeln. *Zeitschr. f. Anatomie und Entwicklungsgeschichte.* Bd. II, S. 159.

[2] Thorax. Todd's *Cyclopaedia.* Vol. IV.

[3] De respiratione experimenta. *Opera minora.* Lausannae 1762, Tom. I.

[4] *Archiv f. physiol. Heilkunde.* 1857. N. F. I, S. 63.

Arnold,[1] Altendorf,[2] Rutherford,[3] Volkmann,[4] und Anderen angestellt wurden, wird aber je nach der Art, wie die Beantwortung dieser Vorfragen ausfällt, stehen oder fallen.

Messungen über die Aenderung der Durchmesser der Intercostalräume an Lebenden haben Schoemaker[5] und Koster[6] zu machen versucht. Schoemaker findet beim costalen Inspirium eine entschiedene Erweiterung, Koster kann dies jedoch nicht bestätigen. Volkmann betrachtet die seit Hutchinson meistens angenommene Erweiterung der Intercostalräume bei der Inspiration als ein unbewiesenes Dogma, dessen Widerlegung er indessen nicht versucht hat. Dass die Intercostalräume bei tiefem Costalathmen während der Inspiration sich erweitern, scheint mir aus folgendem Versuche hervorzugehen, den man leicht an sich selbst anstellen kann. Mit einer Hand wird während der Exspiration das Ende eines unelastischen Bandes (Messband) fest an das Vorderende der zweiten Rippe gedrückt, während die zweite Hand das andere Ende des Bandes, welches in der Richtung senkrecht auf die Rippen fest über die Wölbung der Brust gespannt wird, gegen den unteren Rand der 10. Rippe anhält. Inspirirt man nun tief, so fühlt man jedesmal die 10. Rippe unter den Fingern hinweg nach abwärts rücken. Wird der Versuch an Anderen wiederholt, so kann man sich überzeugen, dass die 10. Rippe bei tiefen Inspirationen um mehrere Centimeter von der 2. Rippe sich entfernt. Es ist dies ein Beweis, dass sich der Umfang des Thorax in der Richtung senkrecht auf die Rippen während der Inspiration vergrössert, was doch mit grösster Wahrscheinlichkeit auf eine Erweiterung der Intercostalräume bezogen werden muss. Wenn Koster mit Cirkelmessungen von der Mitte des Schlüsselbeines zur 10. Rippe beim Inspirium eine Verkleinerung des Abstandes um mindestens $1\frac{1}{2}^{cm}$ findet, so ist dagegen nur zu bemerken, dass mit dem Cirkel eine Sehne und nicht der Bogen einer Wölbung, um den es sich doch handelt, gemessen wird. Was die sonstigen Versuche Koster's an Lebenden anbetrifft, so haben dieselben mit der vorliegenden Frage nichts zu thun. Von seinen Versuchen an der Leiche soll noch später die Rede sein. Demnach scheint mir die Annahme einer inspiratorischen Erweiterung der Intercostalräume keineswegs unberechtigt zu sein.

Eine ganz eigenthümliche Stellung in der Frage nach der respirato-

---

[1] *Die physiologische Anstalt der Universität Heidelberg.* 1858.

[2] *Ueber die Wirkung der Intercostalmuskeln.* Dissert. Greifswald 1876.

[3] *Journal of Anat. and Physiol.* 1876. Bd. X, S. 608.

[4] A. a. O.

[5] *Archiv f. d. holländischen Beiträge zur Natur- u. Heilkunde.* 1860. Bd. II, S. 197.

[6] *Ebenda,* S. 408.

rischen Wirkung der inneren Intercostalmuskeln nimmt Meissner[1] ein, der zwar zugiebt, dass sich die Intercostalräume bei der Inspiration erweitern; trotzdem aber die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit zu erweisen sucht, dass die inneren Intercostalmuskeln bei der respiratorischen Hebung der Rippen betheiligt sind. Meissner nimmt an, dass die Hebung der Rippen von oben nach unten fortschreite und dass dieselbe bezüglich der gegenseitigen Lage der einen Intercostalraum begrenzenden Rippen in zwei Phasen zerfalle. In der ersten Phase soll sich der Intercostalraum passiv erweitern, indem die untere Rippe der oberen einfach folgt. Nun ziehen sich erst die Muskeln zusammen und von diesem Momente an tritt keine Erweiterung mehr, vielleicht sogar eine relative Verengerung gegenüber dem Momente ein, wo die untere Rippe im Maximum passiv gehoben war. Unter solchen Umständen könnten auch die inneren Intercostalmuskeln bei der Inspiration mitwirken als Rippenheber; um so mehr, wenn man von einem strengen Parallelismus der Rippen, wie ihn das Hamberger'sche Schema verlangt und wie er thatsächlich nicht vorhanden ist, absieht. Die Annahme, dass die Hebung der Rippen von oben nach abwärts fortschreite, ist bei dieser Vorstellung wesentlich und steht in Uebereinstimmung mit den Angaben Hutchinson's und Anderer. Indessen hat in neuerer Zeit Ransom (a. a. O.) durch ein graphisches Verfahren mit Burdon Sanderson's Stetho-Cardiograph im Gegentheile gefunden, dass die Hebung der fünften Rippe bei der Inspiration früher erfolgt als jene der zweiten.

Die Vivisectionsresultate bezüglich der Wirkung der inneren Intercostalmuskeln sind der Annahme günstig, dass sich dieselben bei der Inspiration zusammenziehen; es bleibt jedoch trotzdem zweifelhaft, ob sie hierbei als Rippenheber fungiren. Traube[2] hat für das Kaninchen gefunden, dass sicher die Levatores costarum und die Intercostales externi Rippenheber sind, dass aber die Intercostales interni für sich allein an einem isolirten Rippenpaare nicht im Stande sind die Rippe zu heben. Budge hat beim Kaninchen gefunden, dass die inneren Intercostalmuskeln unter Verengerung des Intercostalraumes sich bei der Inspiration zusammenziehen, ein Resultat, wie es auch Haller bei Hunden erhielt. Auch Meissner, Arnold und Schoemaker haben inspiratorische Contractionen der inneren Intercostalmuskeln gesehen.

Weniger lebhaft, als die Wirkung der inneren Intercostalmuskeln ist jene der Levatores costarum discutirt worden. Meistens werden sie unbedenklich als das, was ihr Name sagt, angesehen. Doch hat es auch nicht an Stimmen

---

[1] *Jahresbericht für 1857*, S. 505.

[2] Beitrag zur Lehre von den Erstickungs- (dispnoetischen) Erscheinungen. *Gesammelte Beiträge zur Pathologie und Physiologie.* Bd. I. S. 135. Berlin 1871.

gefehlt, welche ihnen eine andere Wirkung zuschrieben. Beau[1] betrachtet sie als Seitwärtsbeuger der Wirbelsäule und spricht ihnen eine rippenhebende Wirkung nach Vivisectionsversuchen an Hunden ab. Herm. Meyer[2] hat in ihnen früher Rippensenker vermuthet, jedoch in neuerer Zeit diese Meinung wieder verlassen. Es scheint mir jedoch, dass gerade nach der von H. Meyer gegebenen Darstellung der Mechanik des Brustkorbes nur eine Senkung der Rippen durch Contraction dieser Muskeln bewirkt werden könnte.

Bei den ersten Versuchen, welche ich anstellte, suchte ich zu ermitteln, wie sich die Insertionspunkte der Intercostalmuskeln und der Rippenheber bei einfacher Hebung und Senkung des Brustbeines verhalten. An der Leiche eines 34jährigen Mannes wurde der Kopf entfernt, die Lendenwirbelsäule im vierten Lendenwirbel durchsägt, die Eingeweide entfernt, dann die Intercostalmuskeln und die Rippenheber am ganzen Thorax rein präparirt. Die zu Messungen bestimmten Ursprungs- und Insertionspunkte der Muskeln wurden dann durch Heftnägel, welche auf der Mitte ihrer Platte einen scharf markirten Punkt hatten, ersichtlich gemacht. In die Knorpel, in welchen die Heftnägel wegen ihrer Kürze nicht festhielten, wurden Stecknadeln eingestochen. Hierauf wurde eine Eisenstange durch den Wirbelkanal geführt und dafür Sorge getragen, dass die Biegung der Stange ungefähr der mittleren Krümmung der Brustwirbelsäule entsprach. Die Enden der Eisenstange wurden sodann mit Hülfe zweier Handschraubstöcke in entsprechenden Einschnitten zweier starker Querhölzer, welche an der vertikalen Stange eines Stativs unbeweglich befestigt waren, festgeklemmt. Hierauf wurde in der Mitte zwischen den Rändern des Brustbeines in der Höhe des oberen Randes des dritten Intercostalraumes ein Loch durch das Brustbein gebohrt. Durch das Loch wurde eine starke Schnur gezogen und durch entsprechend angebrachte Knoten das Durchschlüpfen derselben nach oben und unten verhindert. Bei den Versuchen Nr. 1—7 wurde nun jedes Mal die Entfernung der Insertionspunkte der Muskeln in der Ruhelage des Präperates gemessen, hierauf durch Anziehen der Schnur nach oben das Brustbein gehoben und die Schnur an dem oberen Querholze möglichst entsprechend der Medianlinie des Präparates befestigt (Hebung). Hierauf wurde wieder gemessen, dann die Schnur nach unten angezogen, am unteren Querholze befestigt und abermals gemessen (Senkung). Was

---

[1] *Archives génér. de médecine.* 1844.

[2] *Lehrbuch der Anatomie.* Leipzig 1861. S. 200.

den Bau des untersuchten Thorax anbelangt, so ist zu bemerken, dass die drei oberen Rippenknorpel fast in der Fortsetzung der knöchernen Rippen verliefen. Auch der vierte zeigte nur ein unbedeutendes Ansteigen gegen das Brustbein und erst der fünfte war entschieden aufwärts gerichtet. Die unteren vorderen Ränder der beiden Seiten des Thorax bildeten einen Winkel von ungefähr 70°. Es sind dies Charaktere, die an den kindlichen Thorax erinnern.[1] Der 5., 6. und 7. Rippenknorpel waren etwas vor ihrem Knickungswinkel durch Gelenke unter einander in Verbindung, so dass nahe am Brustbeine zwischen 5. und 6., sowie zwischen 6. und 7. Rippenknorpel inselförmige, von inneren Intercostal-, beziehungsweise Zwischenknorpelmuskeln erfüllte, ungefähr elliptische Lücken bestanden, welche mit dem übrigen Intercostalraum nicht zusammenhingen.

Die Intercostales externi wurden gemessen am Rippenwinkel, in der Axillarlinie, endlich diejenigen Bündel, welche das vordere Ende des ganzen Muskels bilden. Die Intercostales interni wurden am Rippenwinkel, wo sie sich allmählich verlieren, nicht gemessen, da ihre Ursprungs- und Insertionspunkte dort von aussen gar nicht zu bestimmen sind. Sie wurden nur gemessen in der Axillarlinie und am Ende der knöchernen Rippen; die Intercartilaginei ungefähr in der Mitte zwischen Brustbeinrand und Rippenende, im 5. Intercostalraum nahe am knöchernen Rippenende lateralwärts vom Gelenke zwischen 5. und 6. Rippenknorpel und in der Insel medianwärts von dem Gelenke. Die Messungen wurden nach abwärts nicht über den 6. Intercostalraum ausgedehnt, da ja doch nur die Bewegung der echten Rippen mit den Bewegungen des Brustbeines in directem Zusammenhange stehen kann. Die Grösse der Hebung und Senkung des Brustbeines wurde nicht gemessen. Das Brustbein wurde so stark nach auf- und abwärts gezogen, bis ein merklicher Widerstand gefühlt wurde. Die Verbindung zwischen Griff und Körper des Brustbeines knickte beim Heben jedes Mal etwas ein. Die Maasse sind mit dem Cirkel abgenommen und überall in Millimetern angegeben. Im Folgenden sind nun die Beobachtungen an diesem ersten Präparate in den Tabellen I—V übersichtlich zusammengestellt.

---

[1] Vergl. Hueter, *Die Formentwicklung am Skelett des menschlichen Thorax.* Leipzig 1865.

Tabelle I.
Levator costae.

		Longus.					Brevis.								
Nummer des Versuches.	2			4			2			4			6		
Lage des Brustbeines.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.
Intercostalraum. I							31	31·2	30	29·4	30·3	29·1	30·3	31·6	30
	—	—	—	52·5	52·5	51·1									
II							35	36	34	33·5	33·9	32·8	34	35	33·2
	56·2	57	55	55	55	54									
III							37	38	35·5	36	36·8	35	36	37	35
	51	52	49·8	50·2	51	49·4									
IV							37	38	35·3	36	37	34·8	36	37	35
	59	60	57·3	57·8	58·6	56									
V							39	40	37	38·4	39·2	37	38·5	39·6	37·5
	—	—	—	57	57·9	55									
VI							—	—	—	40	40·9	38·1	39·9	40·8	38·3
	—	—	—	—	—	—									
VII							—	—	—	42	43·1	40·1	41	42	39·8

Tabelle II. Inte

	Angulus costae.											
Nummer des Versuches.	1			3			4			6		
Lage des Brustbeines.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe,	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.
Intercostalraum. I	37·6	38·8	37	38	38	36·8	36	36·2	35·9	37	37	36·6
II	38	36·5	37·9	37·2	36·2	37·2	36	35	36	36	35·8	35·9
III	41	40·5	41	41·3	40·9	41	39·9	39·5	39	39·5	39·1	39·1
IV	44	43·5	43·4	44	43·6	43·4	41·9	41·4	41·2	41·9	41·6	41·6
V	40	39·2	39·5	40·2	40	39·7	39·9	39·1	38·3	39	38·8	39
VI	42·5	42	42·2	43	42	42·9	42	40·8	41·1	41·6	40·8	41·3
VII	—	—	—	—	—	—	38·9	37·4	38·3	38·5	37·6	38·3

Tabelle III.

Intercostalis internus.

	Axillarlinie.						Ende der knöchernen Rippe.									Intercartilagineus.		
Nummer des Versuches.	5			6			1			3			6			3		
Lage des Brustbeines.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.
Intercostalraum. I	21	21·7	19·3	20·4	21·3	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28	27·4	29
II	29·6	31·1	29·2	30	31·6	29·5	33	35	32·9	33·2	35·2	33·1	33·1	33·3	33	25·7	26·2	26
III	28	28·7	27·8	28	29	27·8	31	32	30	31	31·8	30	30·9	31	30·5	22	22·2	21
IV	22·2	22·9	22	22·1	23·2	21·9	32·6	33·3	32	32·6	33·3	32	32·3	32·7	32	25·3	26	25
V	18·5	19	17	18	19·6	17·8	34	34·8	33·7	34	34·8	33·6	33·5	34	33·2	37·3 21	37·9 21.3	37 20.6
VI	17	17·3	15	16·6	18·1	16	29	30	28	28·5	29·5	27·9	27·8	28·4	27·4	37	37·7	36·5

Die kleinen Zahlen im V. Intercostalraum in der Rubrik „Intercartilagineus" beziehen sich auf die Inseln von Muskeln nahe am Brustbein zwischen 5. und 6. Rippenknorpel.

costalis externus.

Axillarlinie.									Vorderes Ende.								
1			3			6			1			3			6		
Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.	Ruhe.	Hebung.	Senkung.
34·5	33·5	35	34·5	33·9	35	35	33·1	35·1	30	28·1	31	30·2	29	31·7	30·6	28·5	31·1
36	33·5	37	36·4	33·7	37·2	36	34	36	29	28·8	30·3	29·1	28	31	29	27·3	29·1
47·5	45·8	48·2	47·7	46	48·8	47·6	46	47·8	32·3	31·6	32·5	32·1	31·7	32·7	31·6	31	31·9
43·5	42	44·5	44	42·5	44·9	44	42	44·6	45	44·4	46	45	44·5	46	45·1	44	45·9
45	43·8	45	45	44	45·3	45	44	45·1	29·9	29·5	29·9	29·8	29·6	30	29·6	29·4	29·6
42	40·8	42·2	42	41	43	42	40·9	42	36·2	36	36·2	36·2	36	36·5	36	35·6	36
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle IV.

Versuch Nr. 7.

Brustwirbelsäule.	Levator costae brevis.			Intercostalis externus. Angulus costae.			Intercostalis externus. Axillarlinie.			Intercostalis externus. Vorderes Ende.			Intercostalis internus. Axillarlinie.			Intercostalis internus. Ende der knöchernen Rippe.		
Intercostalraum.	Ruhe.	Beugung.	Streckung.	Ruhe.	Beugung.	Streckung.	Ruhe.	Beugung.	Streckung.	Ruhe.	Beugung.	Streckung.	Ruhe.	Beugung.	Streckung.	Ruhe.	Beugung.	Streckung.
I	30·9	32	30	37·2	37·9	36·9	35	33·7	34·9	30·6	29·9	30·8	20·6	20·5	21	—	—	—
II	33·9	35	33	36·6	37	35·8	36	35·2	35·2	28·9	28·5	28·8	29·9	29·3	29·9	33	33	33
III	36	37	35·2	39·2	40	38·9	47	47	46·6	31·3	31·2	31·1	27·6	27·4	27·5	30·4	30·2	30·5
IV	36·1	37	35·6	41·6	41·9	41	44	43·6	44	45	44·5	45	21·9	21·5	21·9	32	31·4	32·2
V	38·9	39·9	37·9	38·9	39	38.3	44·5	44·2	44·5	29	28·8	29	18·2	18·4	18·2	33·6	33·2	33·7
VI	40	40·5	39	41	41·3	40	41·6	41·6	41·2	35·1	35	35·2	16·7	16·9	16·8	27·3	27	27·8
VII	41	42	41·6	38·3	38·8	36·8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle V.

Uebersicht der Annäherung (−) und Entfernung (+) der Insertionspunkte der Muskeln bei Hebung und Senkung des Brustbeines im Vergleiche zur Ruhelage des Präparates.

	Levator costae.				Intercostalis externus.						Intercostalis internus.					
	Levator costae brevis.		Levator costae longus.		Angulus costae.		Axillarlinie.		Vorderes Ende.		Axillärlinie.		Ende der knöchernen Rippe.		Intercartilagineus.	
Intercostalraum.	Hebung.	Senkung.	Hebung.	Senkung.	Hebung.	Senkung.	Hebung.	Senkung.	Hebung.	Senkung.	Hebung.	Senkung.	Hebung.	Senkung.	Hebung.	Senkung.
I	+0·8	−0·53			+0·35	−0·57	−1·16	+0·37	−1·73	+1	+0·8	−1·05	—	—	−0·6	+1
			0·0	−1·4												
II	+0·8	−0·83			−0·92	−0·05	−2·4	+0·6	−1·0	+0·77	+1·55	−0·45	+1·4	−0·1	+0·5	+0·3
			+0·4	−1·1												
III	+0·93	−1·17			−0·42	−0·4	−1·66	+0·66	−0·57	+0·37	+0·85	−0·2	+0·63	−0·8	+0·2	−1
			+0·9	−1·0												
IV	+1·0	−1·3			−0·52	−0·54	−1·66	+0·83	−0·73	+0·93	+0·9	−0·2	+0·6	−0·5	+0·7	−0·3
			+0·9	−1·75												
V	+0·97	−1·47			−0·5	−0·7	−1·07	+0·13	−0·27	+0·07	+1·5	−0·85	+0·7	−0·33	+0·6	−0·5
			+0·9	−2·0												
VI	+0·9	−1·75			−0·62	−0·47	−1·1	+0·4	−0·27	+0·1	+0·9	−1·3	+0·87	−0·67	+0·7	−0·4
			—	—												
VII	+1·05	−1·55			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Das Resultat, welches in diesen Beobachtungen vor Allem in die Augen springt, ist die Verlängerung der Levatores costarum bei Hebung des Brustbeines. Dieses Ergebniss war ziemlich unerwartet und es konnte anfänglich daran gedacht werden, dass einerseits die Beugung und Streckung der Brustwirbelsäule, welche bei den Versuchen 1, 2 und 3 theilweise noch vorhanden war — trotz der Eisenstange im Wirbelkanal — das Resultat der Messungen merklich beeinflussen konnte und ebenso konnte die Art, wie die Insertionspunkte der Levatores costarum markirt waren, Bedenken erregen. Die Platte des Heftnagels hat nämlich eine merkliche Dicke von etwa einem Millimeter und es wäre möglich, dass dies in der Nähe der Drehungsaxe der Rippe das Resultat beeinflussen kann. Um daher diese Möglichkeiten auszuschliessen, wurden von Versuch 3 an die Heftnägel, welche die Levatores und die Intercostales externi am Angulus costae markirten durch Messingdrähte ersetzt, welche knapp am Knochen abgezwickt wurden, ferner wurde von Versuch 3 an die Wirbelsäule, welche beim Heben des Brustbeines insbesondere ein Ausweichen der Dornen des siebenten Halswirbels und des ersten Brustwirbels nach hinten bemerken liess, möglichst gut fixirt. Die unter diesen Vorsichtsmaassregeln angestellten Versuche ergaben jedoch dasselbe Resultat, nämlich eine entschiedene Verlängerung der Rippenheber bei Hebung des Brustbeines (Vgl. Tab. I, Versuch 4 und 6). Was das Verhalten der Intercostalmuskeln anbelangt, so sind die Resultate im Allgemeinen solche, wie sie dem Hamberger'schen Schema entsprechen. Die Intercostales externi werden bei Hebung des Brustbeines kürzer, bei der Senkung länger; nur die Intercostales externi welche ganz hinten am Angulus entspringen, zeigen eine kaum merkliche Verkürzung, ja manchmal schien es sogar, dass sie sich verlängern. Dass die Verkürzung hinten nur gering oder fast Null ist, steht im Zusammenhang mit der an den Rippenhebern eintretenden Verlängerung. Die Intercostales interni zwischen den knöchernen Rippen werden bei Hebung des Brustbeines länger, bei Senkung kürzer, die Intercartilaginei bei Hebung kürzer bei Senkung länger, was ebenfalls mit den Angaben Hamberger's in Uebereinstimmung ist. Da in den späteren Versuchen (3—6) die Bewegung der Brustwirbelsäule so ziemlich vollständig ausgeschlossen war, schien es mir von Interesse zu sein, zu sehen, welchen Erfolg Beugung und Streckung der Brustwirbelsäule auf die Levatores costarum und die Intercostalmuskeln hat. Es wurde daher die Eisenstange aus dem Präparate entfernt, dasselbe am letzten Hals- und am ersten Lendenwirbel mit Schnüren fixirt, doch so, dass eine Beugung und Streckung der Brustwirbelsäule noch möglich war und nun durch Bänder, welche zwischen dem 7. und 8. Brustwirbel durch den 7. Intercostalraum gezogen waren, ein Zug gerade nach vorn (Streckung) und nach hinten (Beugung) ausgeführt. Die Resultate

dieses Versuches sind in der Tabelle IV zusammengestellt. Es ergiebt sich, dass die Insertionspunkte der Levatores costarum bei Streckung sich annähern. Dasselbe gilt auch für die hinteren Bündel der Intercostales externi.

Es fragt sich nun, ob diese Versuche direct darüber Aufschlüsse geben können, wie die fraglichen Muskeln bei der Respiration wirken, ob man aus diesen Versuchen etwa direct folgern kann, dass die Intercostales externi und Intercartilaginei Inspirationsmuskeln, die Intercostales interni und Levatores costarum dagegen Exspirationsmuskeln seien. Ein solcher Schluss wäre in doppelter Beziehung gewagt. Denn erstens ist es sehr zweifelhaft, dass durch die Hebung des Brustbeines, wie sie von mir vorgenommen wurde, eine inspiratorische Bewegung des Thorax nachgeahmt werde, zweitens würde selbst dann, wenn dies der Fall wäre, durchaus nicht nothwendig daraus folgen, dass Muskeln, deren Insertionspunkte sich bei der Inspiration von einander entfernen, während derselben sich nicht zusammenziehen. Nur dies könnte dann mit Bestimmtheit gefolgert werden, dass diese Muskeln zur inspiratorischen Erweiterung des Brustkorbes nichts beitragen können.

Was diesen zweiten Punkt anbelangt, so kann man über ein solches beschränktes Resultat durch Leichenversuche nie hinauskommen. Bezüglich des ersten Punktes aber handelt es sich zunächst um die Frage, ob die ausgeführte Bewegung dem natürlichen Mechanismus des Brustkorbes entspricht oder nicht. Die Hebung des Brustbeines ist selbst bei erschwerter Respiration, wo schliesslich auch Muskeln, welche am Sternum selbst entspringen, mitwirken, sicherlich zum grössten Theile eine secundäre Folge der Hebung der Rippen. In meinen Versuchen wurde aber umgekehrt das Brustbein direct gehoben und dadurch secundär die Rippen. Von den möglichen Folgen, welche dies haben kann, ist vor Allem zu bedenken, dass ein in der Medianlinie angebrachter Zug nach auf- und abwärts die Hebung und Senkung des Brustbeines am Leichtesten bewirken wird, wenn die Rippenringe um transversale Axen sich drehen, wie H. Meyer dies annehmen zu dürfen glaubt. Da die Gelenke der Rippen und die biegsamen Knorpel Bewegungen ausführen lassen, welche der natürlichen Bewegung der Rippe nicht entsprechen, wäre es möglich, dass in der That eine Bewegung der Rippen um künstliche transversale Axen in den vorstehenden Versuchen ausgeführt wurde. Damit würde natürlich ein grosser Theil der Folgerungen, welche man aus den Lageveränderungen der Insertionspunkte der Muskeln ziehen könnte, hinfällig und insbesondere könnte die Verlängerung der Levatores costarum bei Hebung des Brustbeines einzig die Folge der Drehung der Rippen um künstliche transversale oder fast transversale Axen sein. Immerhin ist jedoch anzunehmen, dass ein Zug am

Brustbeine in vertikaler Richtung nach auf- und abwärts eher einer natürlichen Respirationsbewegung entsprechen wird, als ein Zug am Brustbeine nach vorn und aufwärts, wie ihn Koster angewendet hat. Denn dass eine directe Streckung der Rippenknorpel nach vorn vermöge der natürlichen Mechanik des Thorax nicht vorkommen kann, dürfte nach den Auseinandersetzungen Volkmann's wohl ausser Zweifel sein und es sind mithin auch die Schlüsse, welche Koster über das Verhalten der Intercostalräume im Leben aus solchen Versuchen gezogen hat — (inspiratorische Verengerung) — nichts weniger als unanfechtbar.

Man könnte nun denken, dass durch Anbringung eines Zuges an den knöchernen Rippen selbst den angeführten Uebelständen abgeholfen werden könnte. Allein, abgesehen von Schwierigkeiten der Ausführung, würde man Gefahr laufen, abermals Drehungen der Rippen um künstliche und zwar diesmal um sagittale Axen hervorzurufen.

Ich wählte deshalb ein anderes Verfahren, den Brustkorb zu bewegen, das zwar ebenso wenig als das zuerst angewendete wirklichen In- und Exspirationsbewegungen entspricht, aber — worauf es vor Allem ankommt — die ziemlich sichere Gewähr bietet, dass keine Drehungen der Rippen um künstliche Axen vorkommen. Es ist dies die Erweiterung des Thorax durch Einblasen von Luft in die Lungen, ein Verfahren, das bereits Hutchinson und neuerlich Volkmann bei ihren Studien über die Mechanik der Thoraxbewegungen angewendet haben.

Ehe nun auf die Mittheilung der auf diese Weise angestellten Versuche eingegangen wird, müssen noch einige weitere Bemerkungen vorausgechickt werden. Ausser Versuchen mit Aufblasen des Brustkorbes sollten auch noch andere Thoraxbewegungen an dem zweiten Präparate ausgeführt werden. Die Beobachtungen an dem ersten Präparate hatten nämlich gezeigt, dass bei ausgiebigen Hebungen und Senkungen des Brustbeines die Länge der Fleischfasern der untersuchten Muskeln offenbar nicht vollständig ausgenützt würde, wenn dieselben im Leben die ausgeführten Bewegungen durch ihre Contraction hervorbrächten. Nach den Untersuchungen von Ed. F. Weber[1] verhält sich die Länge der ausgedehnten Fleischfasern eines Muskels zur Länge der contrahirten nahezu wie 2 : 1, wenn die mögliche Ausdehnung und Verkürzung, wie sie die Gelenke gestatten, mit einander verglichen wird. Beiläufige Messungen am ersten Präparate hatten nun ergeben, dass die untersuchten Muskeln bei Hebung und Senkung des Brustbeines um etwa $^1/_5$ der Länge der Fleischfasern, meistens aber um

[1] Ueber die Längenverhältnisse der Fleischfasern der Muskeln. *Berichte über die Verhandlungen der Kön. sächs. Gesellsch. d. Wissenschaften in Leipzig.* Mathem. physik. Classe. Jahrg. 1851. S. 63.



noch weniger die Distanz ihrer Insertionspunkte änderten. Um hierüber etwas Genaueres zu erfahren, sollten also auch die Faserlängen der Muskeln an den gemessenen Stellen bestimmt werden. Dies ist nun nicht immer ganz leicht, weil sowohl die Levatores costarum als die Intercostales durchaus gefiederte Muskeln mit sehr zarten, dünnen Faserbündeln sind, welche auch an rein präparirten Muskeln nicht überall mit Ursprung und Ende hinreichend scharf zu sehen sind. Die Anordnung der Fasern der Intercostales externi ist oberflächlich meistens folgende: Vom oberen oder unteren Rippenrande entspringt breit ein Sehnenspiegel, der sich gegen die entgegengesetzte Rippe hin fein zuspitzt. Von den Seitenrändern dieser dreieckigen Sehnenfläche gehen nun die Fleischbündelchen schräg gegen die Seitenränder ähnlicher Sehnenblätter, welche links und rechts vom entgegengesetzten Rippenrande ausgehen oder an mehr in der Tiefe des Muskels gelegene Sehnenblätter. Nur das Muskelbündelchen, das von der Spitze des Sehnenblattes ausgeht, setzt sich dierect an die Rippe an. Diese letzteren Bündel sind nun zu Messungen am Besten geeignet, während an den übrigen zur Ansatzlinie sehr schräg verlaufenden Bündeln die Länge schwer oder auch gar nicht zu bestimmen ist, wenn sie nämlich in die Tiefe eindringen. An vielen Stellen kommt das Fleisch oberflächlich nirgends an den Knochen, es verbindet vielmehr Sehnenblätter, welche mit zickzackförmigen Grenzen von beiden Rippen aus in die Intercostalräume einstrahlen. Die Länge der Fasern ist ziemlich wechselnd; an einer und derselben Stelle jedoch sehr gleichmässig. Gegen die unteren Intercostalräume nimmt die Faserlänge im Allgemeinen zu. Die mittlere Länge ist nach 20 Messungen $14 \cdot 5^{\mathrm{mm}}$, die längste Faser hatte 19, die kürzeste 10^{mm}. Die Weber'schen Zahlen für die Länge der Intercostales externi weichen davon etwas ab; Weber giebt als Mittel $15 \cdot 4^{\mathrm{mm}}$ an, als Maximum 30, als Minimum 8^{mm}. Hierzu ist jedoch zu bemerken, dass sich meine Messungen nur auf die 10 ersten Intercostalräume erstrecken, während der letzte unberücksichtigt blieb. Die Intercostales interni zeigen im Allgemeinen ähnliche Verhältnisse wie die externi. Die Fasern sind in den unteren Intercostalräumen sehr lang, im Allgemeinen aber nicht länger als die der externi. Ich fand als mittlere Länge 14^{mm}, Maximum 22, Minimum 7^{mm}. Ed. Weber giebt als Mittel $15 \cdot 4$, als Maximum 26, als Minimum 9^{mm} an. Die Levatores costarum entspringen oberflächlich meistens mit einem ziemlich breiten Sehnenblatte von der Spitze des Querfortsatzes. Dasselbe zerspaltet sich abwärts in mehrere divergirende spitze Ausläufer. Am vorderen und hinteren Rande des Sehnenblattes reicht das Fleisch bis an die Tuberosität des Querfortsatzes. Der vorderste Theil der Rippeninsertion liegt am oberen Rande der Rippe knapp hinter dem Angulus costae und ist stets sehnig, die folgenden Insertionspunkte laufen über die Aussenfläche der Rippe in einer

bei aufrechter Stellung des Präparates fast horizontalen Linie, welche knapp vor der Insertion des Ligamentum costo-transversale posterius bis zum unteren Rippenrande reicht. Die hinteren und mittleren Antheile der Rippeninsertion des Muskels sind grossentheils fleischig. Die nicht constanten langen Rippenheber sind mit ihrem Ursprunge mit den hinteren Theilen des kurzen Rippenhebers verwachsen und inseriren sich dem vorderen Insertionsrande des nächst unteren kurzen Rippenhebers dicht angeschmiegt am Rippenwinkel. Der Levator longus ist an der Rippeninsertion stets sehnig, am Ursprunge meistens ebenfalls und in der Mitte fleischig, doch reichen die Muskelfasern stellenweise bis an den Querfortsatz. Die langen Rippenheber hängen bisweilen fest mit den Sehnen des Longissimus dorsi, welche sich an den Querfortsätzen inseriren, zusammen. Die Muskelbündel der Levatores sind durchwegs sehr kurz. Ihre Länge schwankt zwischen 10—15 ^{mm}. E. Weber giebt ihre mittlere Länge mit 10·5 ^{mm} an; sie nehmen in seiner Tabelle, welche sämmtliche Skelettmuskeln umfasst, die vorletzte Stelle ein. Nur die Spinotransversales brevissimi haben noch kürzere Fleischbündel.

Um für die später vorzunehmenden Drehungen des Thorax einen natürlichen Hebel zu haben, wurde an der Leiche eines 42jährigen kräftigen Mannes, an welcher zunächst die Versuche mit Aufblasen der Lunge gemacht werden sollten, die rechte obere Extremität erhalten und nur die linke Seite des Thorax bis auf die Intercostales und die Levatores costarum rein präparirt. Die 12. Rippe wurde nicht frei gelegt, die Bauchhöhle nicht eröffnet und vom Obliquus externus und Rectus abdominis nur so viel abgetragen, dass die äussere Thoraxwand bis zu ihrem unteren Rande frei wurde. Hierauf wurden in ähnlicher Weise, wie am ersten Präparate, die Insertionspunkte der Muskeln markirt — erst die der Intercostales externi und Levatores, dann, nach Abtragung der ersteren an den betreffenden Stellen, die Intercostales interni — und im Allgemeinen wieder dieselben Punkte für die Messungen gewählt wie früher. Die Markirung der äusseren Zwischenrippenmuskeln wurde jedoch dadurch etwas unregelmässig, dass zwischen dritter und fünfter Rippe ein — einem Levator costae longus analoger — Muskel ausgespannt war, der am unteren Rande der dritten Rippe etwas hinter der Axillarlinie entsprang und die vierte Rippe übersetzend knapp hinter der Ursprungszacke des Serratus anticus an der fünften Rippe sich ansetzte. Die unter diesem Intercostalis externus longus gelegenen gewöhnlichen I. externi eigneten sich, da sie theilweise mit dem darüberliegenden Muskel verwachsen waren, nicht gut zur scharfen Markirung der Insertionspunkte und es wurden daher in dieser Gegend die Messungen etwas nach hinten von der Axillarlinie gemacht.

Der Brustkorb hatte, was seine Form anbelangt, einen mehr männ-

lichen Charakter als jener des ersten Präparates. Der Knorpel der vierten Rippe zeigte ein entschiedenes Aufsteigen, ein etwas geringeres bereits der dritte. Der Winkel, welchen die unteren vorderen Ränder der Thoraxwand, also insbesondere die beiden Knorpel der 7. Rippe, miteinander bilden, war kleiner als am ersten Präparate; die seitliche Verbindung der Knorpel der 5., 6. und 7. Rippe, wie an diesem, vorhanden.

Nachdem in die Luftröhre eine Canüle mit Hahn eingebunden war, wurde die Leiche in sitzender Stellung auf demselben Stative befestigt, welches zu den ersten Versuchen gedient hatte. Der Kopf wurde an dem oberen Querholze, das Becken an dem unteren, auf welchem die Leiche sass, befestigt. Der erhaltene rechte Arm wurde lose so befestigt, dass die Schulter etwas nach oben gehalten wurde. Die Beine ruhten in gebeugter Stellung auf dem Boden. Es wurden nun erst Messungen in der Ruhelage des Präparates vorgenommen, dann der Thorax kräftig aufgeblasen und die Trachealcanüle abgesperrt und nun abermals gemessen. Dieser Versuch wurde mehrmals wiederholt und nachdem sich herausgestellt hatte, dass sich die beiden ersten Intercostalräume etwas anders verhielten als die übrigen, wurden nachträglich noch Puncte für Messungen innerer Intercostalmuskeln und zur Messung des senkrechten Durchmessers der Intercostalräume angebracht. Nach Vollendung dieser Messungen wurde die Leiche losgebunden und zu Messungen in den im Folgenden beschriebenen Körperstellungen verwendet.

Versuch 16. Bauchlage. Die Leiche liegt horizontal gerade ausgestreckt auf dem Tische mit dem Rücken nach oben.

Versuch 17. Seitliche Streckung (Streckung der linken, untersuchten Seite; Beugung der rechten Seite). Um das Abdomen wird in der Bauchlage ein Strick geschlungen und nach links angezogen. Ein um den Hals geschlungener Strick wird nach rechts angezogen. Hierauf werden die Beine so stark nach rechts gezogen, als dies möglich ist, ohne dass das Becken zu rotiren beginnt.

Versuch 18. Seitliche Beugung (Beugung der linken, untersuchten Seite; Streckung der rechten Seite). Dieselben Manipulationen, wie bei Versuch 17, in entgegengesetzter Richtung.

Versuch 19. Rotation mit dem Gesichte nach rechts. Der Kopf wird in der Bauchlage nach rechts gewendet, sodass also die linke Gesichtshälfte auf dem Tische liegt und hierauf durch Stricke in dieser Lage gehalten. Hierauf wird das Becken so gedreht, dass seine Vorderfläche stark nach links gerichtet ist und der Körper mit der rechten Hüfte auf dem Tische ruht. Die Stellung wird dadurch fixirt, dass ein Klotz an das Becken ge-

schoben wird, gegen welchen sich der linke obere Darmbeinstachel anstemmt. Endlich wird um den erhaltenen rechten Arm oberhalb des Ellbogengelenkes ein Strick um den Oberarm geschlungen und nun dieser nach links angezogen. Der Oberarm steht schliesslich gerade nach oben: also bei aufrechter Körperstellung gedacht gerade nach hinten. Durch den am Oberarme angebrachten Zug wird die Schulter nach hinten gezogen und der Brustkorb nach rechts gedreht.

Versuch 20. Rotation mit dem Gesichte nach links (Rotation nach der untersuchten Seite). Was Kopf und Becken anbelangt, so werden dieselben Manipulationen, wie bei Versuch 19, aber in entgegengesetzter Richtung, ausgeführt. Der Kopf liegt also mit der rechten Gesichtshälfte auf dem Tische und sieht nach links; das Becken ist mit seiner Vorderseite nach rechts gerichtet und stemmt sich mit dem rechten oberen Darmbeinstachel gegen den Klotz. Da die linke obere Extremität fehlt, so muss abermals die rechte als Hebel zur Rotation des Brustkorbes dienen. Der rechte Arm wird unter dem Halse durchgezogen und durch Anziehen des Armes die Schulter möglichst nach vorn gedrängt und dadurch der Thorax nach links gedreht. Die Rotation nach links ist unter solchen Umständen begreiflicher Weise weniger ausgiebig als jene nach rechts.

Versuch 21. Beugung. Die Leiche wird in der Bauchlage über einen 17^{cm} hohen Klotz gelegt, der die Lendenwirbelsäule zwischen Becken und Brustkorb unterstützt. Der Kopf hängt über den Tischrand herab, das vordere Ende des Brustbeines berührt noch den Tischrand. Die Beine hängen ebenfalls herab und berühren oberhalb der Kniescheibe den entgegengesetzten Tischrand.

Versuch 22. Streckung. Die Leiche wird in der Bauchlage am Halse und unter den Knieen durch je einen 22^{cm} hohen Klotz unterstützt. Hierauf werden die Beine durch einen hinter den Knöcheln herumgeschlungenen Strick nach unten gezogen, sodass Brust und Bauch hohl liegen und durch ihr natürliches Gewicht nach unten sinkend den Rumpf nach hinten strecken. Die bei dieser Manipulation eintretende Rotation des Körpers um die Längsaxe wird durch Stricke, welche am Kopfe, am rechten Arme und am Becken befestigt werden, möglichst ausgeglichen.

In den folgenden Tabellen VI—XIII sind nun die Ergebnisse der Messungen an dem zweiten Präparate übersichtlich zusammengestellt.

Tabelle VI.

Levator costae brevis.

Nummer des Versuches.		8		9		10		11		12		16	17	18	19	20	21	22
Lage des Körpers.		Sitzend.																
	Länge der Muskelbündel.	Ruhe.	Thorax aufgeblasen.	Ruhe.	Thorax aufgeblasen.	Ruhe.	Thorax aufgeblasen.	Ruhe.	Thorax aufgeblasen.	Ruhe.	Thorax aufgeblasen.	Bauchlage.	Seitliche Streckung.	Seitliche Beugung.	Rotation Gesicht rechts.	Rotation Gesicht links. (Untersuchte S.)	Beugung nach vorn.	Streckung nach hinten.
Intercostalraum. I	11	34	32·1	34	32	34·5	32·9	34·1	32·5	35	33	32	37	31	35·2	35	33·5	31·7
II	10	40	40·1	40·1	40·1	40·1 72	40·2 71.8	40	40·3	41	40·5	38	42	37·7	40·5	39·5	39·2	37
III	—	—	—	48	48	48 81.1	48·1 80.9	48	48·1	48·4	48·1	45	49·5	44	48	46·1	47	43·8
IV	—	54·4	55	—	—	54·3 85	55 84.6	54·7	55	55	55	51·2	55	50·5	55	52·1	53	50·8
V	—	49·5	50	50	50	63·1 86	63·8 86.5	63·5	63·5	63·8	63·6	60	64·2	58	64	60·2	62	60
VI	—	64	65	—	—	64·2	65	64·2	65·5	65	65·3	60·3	65	59	64	60·1	62·1	61·5
VII	13—15	69·1	—	70	71·5	69·3	71·8	70	71·8	70	71·8	65·4	71	65	69·9	65	67·2	67
VIII	12	64·5	—	65·5	67	65·1	67·3	65·5	67	66	67·5	61·2	66·2	61	66	60·2	63	64
IX	—	60·1	—	—	—	61	63	61	63	62	63	59·1	62	57·8	63·5	57·5	61·2	61·2
X		70	—	—	—	70·5	72	71	71·5	71·2	72	69·7	72	66	72	67·6	72	70

Bemerkungen.

Das Maximum der Entfernung der Insertionspunkte fällt auf die seitliche Streckung, das Minimum auf die seitliche Beugung.— Die Zahlen für den 5. Intercostalraum in Versuch 8 und 9 weichen von den folgenden Versuchen desshalb erheblich ab, weil sie den hinteren Insertionspunkt nahe dem Tuberculum costae VI. betreffen, während in den folgenden Versuchen der Insertionspunkt am Angulus costae markirt wurde. — Der Levator costae longus wurde nur in Versuch 10 gemessen. Die Zahlen zwischen den Hauptzahlen beziehen sich auf diesen Muskel, für welchen aus Raumersparniss keine eigene Tabelle entworfen wurde.

Tabelle VII.

Intercostalis externus.

Rippenwinkel.

Nummer des Versuches.		10.			16	17	18	19	20	
Lage des Körpers.		Sitzend.			Bauchlage.	Seitliche Streckung.	Seitliche Beugung.	Rotation Gesicht rechts.	Rotation Gesicht links.	Bemerkung.
		Länge der Muskelbündel.	Ruhe.	Thorax aufgeblasen.						
Intercostalraum.	I	—	—	—	—	—	—	—	—	Das Maximum der Entfernung der Insertionspunkte fällt auf die seitliche Streckung, das Minimum auf die seitliche Beugung.
	II	13	59·2	57	57·8	63	52	62·8	60·5	
	III	14	46	44·9	43·1	48·2	39	48	45	
	IV	18	54·9	53	53·5	56·6	49·4	56·5	53	
	V	11	57	55	56	59·2	51	58·5	56·8	
	VI	—	48·5	47·1	47·9	50·1	44·5	49	48	
	VII	15	50	48·5	49·5	54·2	44	51	51	
	VIII	14	51·5	49·2	49·1	56	45	51·4	53	
	IX	17—17·5	62·2	59	61·9	67	51·5	60	65	
	X	16—19	80·9	80·1	82	87	69.2	82	86	

Tabelle VIII.

Intercostalis externus.

Axillarlinie.

Nummer des Versuches.		10			16	17	18	19	20	21	22	
Lage des Körpers.		Sitzend.			Bauchlage.	Seitliche Streckung.	Seitliche Beugung.	Rotation Gesicht rechts.	Rotation Gesicht links.	Beugung nach vorn.	Streckung nach hinten.	Bemerkungen.
		Länge der Muskelbündel.	Ruhe.	Thorax aufgeblasen.								
Intercostalraum.	I	—	47	44	46	51	41·8	50	46·9	—	—	Das Maximum der Entfernung der Insertionspunkte fällt auf die seitliche Streckung, das Minimum auf die seitliche Beugung. — Die kleinen Ziffern zwischen III u. IV beziehen sich auf den Intercostalis externus, welcher den 3. und 4. Intercostalraum überspringt.
	II	—	60	56·8	59·2	64·2	52	63	61	—	—	
	III	—	63	61	44·7	49	40·5	47	48	45	45	
		34	133	129	132	139	122	136				
	IV	—	62	59·6	62·5	65·5	58	63	65	63	63·5	
	V	—	62·4	60	63	66	58·4	63·7	65	61·5	63	
	VI	—	52·1	50	52·6	55	49·5	53	54	51·5	53	
	VII	10	44	42	42	48	37·5	44·5	45	41·8	42·2	
	VIII	12	47	45	43·6	51·2	39	47	47·5	44	44·9	

Tabelle IX.

Intercostalis externus.

Vorderes Ende.

Nummer des Versuches.			10	
		Länge der Muskelbündel.	Ruhe.	Thorax aufgeblasen.
Intercostalraum.	I	16	50·5	48·4
	II	14—15	51	48·2
	III	15	46·1	45
	IV	13	55	54·2
	V	14	37	35·8
	VI	11	53	51

Tabelle X.

Intercostalis internus.

		Vor dem Angulus costae.		Axillarlinie.											
Nummer des Versuches.		15			13		15		16	17	18	19	20	21	22
Lage des Körpers.		Sitzend.			Sitzend.										
		Ruhe.	Thorax aufgeblasen.	Länge der Muskelbündel.	Ruhe.	Thorax aufgeblasen.	Ruhe	Thorax aufgeblasen.	Bauchlage.	Seitliche Streckung.	Seitliche Beugung.	Rotation Gesicht rechts.	Rotation Gesicht links.	Beugung nach vorn.	Streckung nach hinten.
Interstalraum.	I	38·8	39·2	7—8	40·5	39·6	40·1	39·2	32·2	39	40	42	33·2	33	32·5
	II	39·2	40·2	15—17	41	41·6	41·2	41·4	37·3	42·5	40	43·5	33	35	33
	III	—	—	15—16	33	38	33	38	30·4	35·2	34	35	26·5	30	28·5
	IV	—	—	10—12	25·1	31·6	26	31	20	25	22	27	17·5	21·2	20
	V	—	—	11	21·7	27	22·8	27	16	20	17	24	15·2	19	16
	VI	—	—	10	20·2	25	21	25	18·1	20·2	17	23	16	19·5	16
	VII	—	—	10	18	22·7	18·2	22·8	15·5	18	15·5	22·7	10·6	17·2	13·5
	VIII	—	—	17	22·5	30	23	29·8	21·2	24	20·8	29·2	13	23	17
	IX	—	—	22	31	39·5	31·9	39·1	26·5	30·5	30·9	38·8	19·2	28	28

Bemerkung. Das Maximum der Entfernung der Insertionspunkte fällt auf die Rotation mit dem Gesichte nach rechts, das Minimum auf die Rotation mit dem Gesichte nach links.

Tabelle XI.

Intercostalis internus.

Nummer des Versuches.	Ende der knöchernen Rippe.					Intercartilagineus.				Bemerkungen.
		14		15		14		15		
	Länge des Muskelbündels.	Ruhe.	Thorax aufgeblasen.	Ruhe.	Thorax aufgeblasen.	Ruhe.	Thorax aufgeblasen.	Ruhe.	Thorax aufgeblasen.	
Intercostalraum. I	—	34·3	32·2	34	32·1	22	21	22·1	21	Der Intercartilagineus, welcher im 6. Intercostalraume gemessen wurde, befand sich an einer Stelle, wo die Knorpel noch die Richtung der knöchernen Rippen hatten. — Die kleinen Ziffern beziehen sich auf die Insel von Muskeln zwischen 5. u. 6. Rippenknorpel.
II	15—17	46	44	46	44·4	36·5	34	36·6	34	
III	15—17	36·8	37·3	37	37·5	38·5	36·2	38·6	36·5	
IV	—	36·6	37·8	37	38	36	35·8	36·4	35·5	
V	—	32	34	32·6	34	34·9	34·5	34·6	34	
						27	25.8	26.9	25.2	
VI	—	29	31·3	29	31·6	26·9	28	27	28	

Tabelle XII.

Durchmesser der Intercostalräume in der Richtung senkrecht auf die Rippen.

Axillarlinie.

Nummer des Versuches.	10		12		Bemerkungen.
Thorax	Ruhe.	Auf-geblasen.	Ruhe.	Auf-geblasen.	
Intercostalraum. I	31	29	28·5	26·2	Bei Versuch 10 war die gemessene Linie senkrecht bei ruhendem Thorax und neigte sich beim Aufblasen mit dem oberen Ende nach vorn. Bei Versuch 12 war die gemessene Linie senkrecht bei aufgeblasenem Thorax und neigte sich in der Ruhelage mit dem oberen Ende nach hinten.
II	34	33·5	31	30·1	
III	25	28	22	25	
IV	16·5	20	17	24·1	
V	13	17	15	17	
VI	11	13·9	12·1	13·2	
VII	13	16	12·9	14·1	
VIII	18·8	23	20·5	22·8	
IX	20·5	24	24	27	

Tabelle XIII.

Uebersicht der Annäherung (—) oder Entfernung (+) der Insertionspunkte der Muskeln und der Erweiterung (+) oder Verengerung (—) der Intercostalräume bei aufgeblasenem Thorax im Vergleiche zum ruhenden.

Intercostalraum.	Levator costae longus.	Levator costae brevis.	Intercostalis externus.			Intercostalis internus.					Intercostalraum. Axillarlinie
			Angulus costae.	Axillar-linie.	Vorderes Ende.	Vor dem Angulus costae.	Axillar-linie.	Ende der knöchernen Rippe.	Intercarti-lagineus.	Insel im Knorpel.	
I		−1·8	—	−3	−2·1	+0·4	−0·9	−2	−1	—	−2·1
	—										
II		0	−2·2	−3·2	−2·8	+1·0	+0·4	−1·8	−2·5	—	−0·7
	−0·2										
III		0	−1·1	−2	−1·1	—	+5	+0·5	−2·2	—	+3
	−0·2										
IV		+0·4	−1·9	−2·4	−0·8	—	+5·7	+1·1	−0·5	—	+5·3
	−0·4										
V		+0·2	−2	−2·4	−1·2	—	+4·7	+1·7	−0·5	−1·4	+3
	+0·5										
VI		+0·6	−1·4	−2·1	−2	—	+4·4	+2·4	+1·0	—	+2
	—										
VII		+1·9	−1·5	−2	—	—	+4·6	—	—	—	+2·1
	—										
VIII		+1·7	−2·3	−2	—	—	+7·1	—	—	—	+3·2
	—										
IX		+1·7	−3·2	—	—	—	+7·8	—	—	—	+3·7
	—										
X		+0·9	−0·8	—	—	—	—	—	—	—	—

Was nun die Resultate der Versuche an dem zweiten Präparate anbelangt, so ist zunächst hervorzuheben, dass auch hier wiederum eine entschiedene Verlängerung der Levatores costarum bei Hebung des Brustkorbes, wenigstens für die unteren Rippen, zu constatiren war. An den oberen Rippen zeigte sich allerdings eine Annäherung der Insertionspunkte des Muskels und damit ein Widerspruch gegen die Versuchsresultate mit dem ersten Präparate. Wenn man jedoch bedenkt, dass die Versuche mit Beugung und Streckung der Wirbelsäule am ersten Präparate eine Annäherung der Insertionspunkte der Rippenheber bei Streckung ergaben (vgl. Tab. IV), so wird es wahrscheinlich, dass die Verkürzung der oberen Rippenheber beim Aufblasen des Thorax von der gleichzeitig auftretenden Streckung der Wirbelsäule herrührt, welche ich, wie Hutchinson, beobachtete. Am deutlichsten ist die Streckung gerade am obersten Theile der Brustwirbel-

säule zu bemerken. Die Verkürzung ist übrigens nur eine geringe und schon an der dritten und vierten Rippe sinkt dieselbe auf Null herab, um von der fünften Rippe an in eine an den folgenden Rippen immer deutlicher werdende Verlängerung sich umzukehren. Eine Wiederholung derselben Versuche mit einem dritten Präparate ergab für den Levator costae primae, der am zweiten Präparate nicht gemessen wurde, eine deutliche Verkürzung um fast 4^{mm} beim Aufblasen des Thorax. Die folgenden Levatores zeigten eine nach abwärts immer kleiner werdende Verkürzung, bis endlich vom Levator costae sextae an wieder eine deutliche Verlängerung auftrat. Die Streckung der Wirbelsäule an diesem Präparate war besonders auffallend. Im Ganzen bestätigen also auch diese Versuche die Annahme, dass die sogenannten Levatores costarum nicht im Stande sind, die Rippen zu heben. Wenn sie überhaupt auf die inspiratorische Bewegung des Brustkorbes Einfluss nehmen, so können sie dies wahrscheinlich nur dadurch, dass sie bei der Streckung der Wirbelsäule mitwirken.

Vergleicht man die Maasse der Muskelbündel mit der Differenz der Distanz der Insertionspunkte bei ruhendem und aufgeblasenem Thorax, so ergiebt sich (vgl. Tab. VI und XIII), dass sich die Fasern um $^1/_{50}$ bis höchstens $^1/_6$ ihrer Länge verkürzen würden. Die Länge der Fasern würde also bei einer Bewegung, wie sie beim Aufblasen des Brustkorbes stattfindet, bei Weitem nicht ausgenützt werden. Dagegen erscheint die Länge der Muskelfasern nach dem früher erwähnten E. Weber'schen Gesetze als ausgenützt, wenn man bei seitlicher Beugung und Streckung der Wirbelsäule misst; denn in diesem Falle beträgt die Differenz der Entfernungen der Insertionspunkte nahezu die Hälfte der Länge der Muskelbündel. Auch bei entgegengesetzten Rotationsbewegungen ändert sich die Distanz der Insertionspunkte der Levatores costarum nicht unerheblich. Es ist daher wahrscheinlich, dass die Levatores costarum zur vollen Wirkung kommen bei seitlicher Beugung der Wirbelsäule, dass sie ausserdem bei der Streckung der Wirbelsäule nach hinten und bei der Rotation derselben nach der entgegengesetzten Seite mitwirken. Ob sie bei der Respiration als In- oder Exspirationsmuskeln wirken, dürfte trotz der angeführten Versuche zweifelhaft bleiben. Die früher erwähnten Vivisectionsresultate Beau's bei Hunden würden mit den angeführten Versuchen in guter Uebereinstimmung stehen. Nach Traube's (a. a. O.) Vivisectionsresultaten beim Kaninchen sind die Levatores costarum nicht nur unzweifelhaft während der Inspiration sich zusammenziehende Muskeln, sondern auch Rippenheber. Einer Uebertragung der Erfahrungen am Kaninchen auf den Menschen steht jedoch das Bedenken im Wege, dass der Bau des Brustkorbes beim Menschen und beim Kaninchen erhebliche Differenzen zeigt. Für die vorliegende Frage ist insbesondere von Wichtigkeit, dass beim Kaninchen die Rippen gleich vom Rippenhöcker

weg etwas nach vorn gerichtet sind. Es ist daher sehr wohl möglich, dass beim Kaninchen der Levator costae vor der Drehungsaxe der Rippe sich ansetzt, während seine Insertion beim Menschen in oder etwas hinter der Drehungsaxe zu liegen scheint.

Bezüglich der Intercostales externi zeigen die Versuche eine deutliche Annäherung der Insertionspunkte bei aufgeblasenem Thorax. Es steht dieses Resultat in Uebereinstimmung mit der wenig bestrittenen Annahme, dass die äusseren Zwischenrippenmuskeln während der Inspiration wirken und die Rippen heben. Das Maass der Annäherung der Insertionspuncte bei den Versuchen mit Aufblasen des Brustkorbes, verglichen mit der Länge der Muskelbündel, ergiebt, dass bei einer der an der Leiche ausgeführten Bewegung ähnlichen Inspirationsbewegung beim Lebenden die Länge der Muskelbündel nicht ausgenützt würde; die Verkürzung würde nur $^1/_8$ bis höchstens $^1/_4$ der Länge der Fleischfasern betragen (vgl. Tab. VII u. VIII). Es ist daher auch nicht wahrscheinlich, dass bei Inspirationsbewegungen die Länge der Muskelfasern voll ausgenützt wird. Vergleicht man jedoch die Maasse, welche sich bei seitlicher Beugung und Streckung des Rumpfes ergeben, so findet man eine Verkürzung bei der seitlichen Beugung, welche fast der Länge der Muskelbündel gleichkommt.

Einer eingehenderen Besprechung bedürfen die Resultate, welche bezüglich der inneren Zwischenrippenmuskeln gewonnen wurden. Nehmen wir vorläufig an, dass die Erweiterung des Thorax durch Aufblasen einer aktiven Inspiration entspreche und dass Annäherung oder Entfernung des Insertionspunctes der Muskeln Zusammenziehung oder Erschlaffung der Muskeln bedeute, so würde sich, in Uebereinstimmung mit dem Hamberger'schen Schema, ergeben, dass die inneren Zwischenrippenmuskeln, mit Ausnahme der Intercartilaginei, Exspirationsmuskeln sind. Nur für die zwei ersten Intercostalräume würde sich eine Abweichung von den Voraussetzungen Hamberger's ergeben, indem hier nicht nur die Intercartilaginei, sondern auch noch ein beträchtlicher Theil der zwischen den knöchernen Rippen befindlichen Interni als Exspirationsmuskeln anzusehen wären. Ein Blick auf Tab. XIII zeigt in übersichtlicher Weise die in's Auge gefassten Verhältnisse.

Es frägt sich zunächst, woher bei diesen Versuchen die Abweichung vom Hamberger'schen Schema rührt; ob sie vielleicht dadurch bedingt ist, dass die Intercostalräume nicht alle, wie das Schema voraussetzt, sich erweitern. Die Messung des senkrechten Durchmessers der Intercostalräume lässt sich an einem Muskelpräparate nicht mit derselben Sicherheit ausführen, wie die Messung der Distanzen der Insertionspunkte der Muskeln. Denn in den beiden Stellungen des Thorax sollte nur der eine Punkt, von welchem aus gemessen wird, unverändert bleiben, während der zweite ver-

schoben werden sollte, um die Richtung senkrecht auf die Rippen in der neuen Stellung festzuhalten. Bei der unregelmässigen Gestalt der Rippen ist es nun nicht leicht hierbei kleine Fehler zu vermeiden. Ich bestimmte die senkrechte Richtung nach dem Augenmaasse in der einen Lage des Thorax und maass dann in beiden Stellungen die Distanz derselben Puncte. Da hierbei einmal eine entschieden geneigte Linie gemessen wird, fällt der eine Durchmesser selbstverständlich zu gross aus. Um diesen Fehler zu compensiren, wurde das eine Mal die senkrechte Richtung in der Ruhelage, das andere Mal bei aufgeblasenem Thorax markirt und demgemäss das eine Mal der Durchmesser des Intercostalraumes bei aufgeblasenem, das andere Mal bei ruhendem Thorax zu gross gemessen. Tab. XII enthält die Resultate dieser Messungen. Da in dem einen und dem anderen Falle die Durchmesseränderungen in demselben Sinne erfolgten, so wurde durch den absichtlich begangenen Fehler das Resultat jedenfalls nicht in dem Sinne beeinflusst, dass etwa eine Erweiterung als Verengerung oder umgekehrt gemessen worden wäre. Für die Zahlen der letzten Columne der Tab. XIII wurde das Mittel aus den beiden Messungen der Tab. XII genommen. Aus den Zahlen ergiebt sich, dass die beiden ersten Intercostalräume beim Aufblasen enger, die übrigen aber weiter werden. Es frägt sich nun weiter, ob dieses Verhalten der Intercostalräume etwa allgemeine Regel ist. Um dies zu entscheiden, müsste eine grössere Reihe von Präparaten untersucht werden. Ich machte zunächst nur noch Messungen an dem kräftig gebauten Thorax eines 52jährigen Mannes, der durch Ertrinken den Tod gefunden hatte. Der Brustkorb wurde wieder in derselben Weise präparirt, wie in dem vorhergehenden Falle; die Weite der Intercostalräume wurde diesmal in beiden Stellungen nach dem Augenmaasse senkrecht auf die Rippen gemessen und zwar an mehreren Punkten desselben Intercostalraumes. Die Resultate der Messungen an diesem dritten Präparate sind in den Tabellen XIV und XV zusammengestellt.

Tabelle XIV.

Durchmesser der Intercostalräume in der Richtung senkrecht auf die Rippen bei ruhendem und aufgeblasenem Thorax (Präp. Nr. 3).

Lage der gemessenen Linien.	Etwa 4 cm vor den Winkeln der mittleren Rippen.		Unter der Arteria subclavia.		Unter dem vorderen Rande der Vena subclavia.		Vorderes Ende der knöchernen Rippe.	
Thorax.	Ruhe.	Aufgeblasen.	Ruhe.	Aufgeblasen.	Ruhe.	Aufgeblasen.	Ruhe.	Aufgeblasen.
Intercostalraum. I	21	21	21	18·7	17	14	26	25
II	19	21	20·3	23	20·7	21·5	19·5	20·2
III	21·5	23·1	21·1	21·2	19·5	18·7	24	21·2
IV	15·6	21·7	19	23·5	—	—	18·2	21
V	19	25·4	12	19	—	—	23	26·1
VI	22	25	17·7	20·7	—	—	23	25
VII	24·5	26·7	19	20	—	—	25	26·2
VIII	28·1	29·5	—	—	—	—	20	21
IX	30	34·2	—	—	—	—	19	24
X	36·7	38	—	—	—	—	—	—
XI	37	38	—	—	—	—	—	—

Tabelle XV.

Uebersicht der Erweiterung (+) oder Verengerung (—) der Intercostalräume bei aufgeblasenem Thorax im Vergleiche zum ruhenden (Präp. Nr. 3).

	Etwa 4 cm vor den Winkeln der mittleren Rippen.	Unter der Arteria subclavia.	Unter dem vorderen Rande der Vena subclavia.	Vorderes Ende der knöchernen Rippe.
Intercostalraum. I	0	−2·3	−3·0	−1
II	+2	+2·7	+0·8	+0·7
III	+1·6	+0·1	−0·8	−2·8
IV	+6·1	+4·5	—	+2·8
V	+6·4	+7·0	—	+3·1
VI	+3·0	+3·0	—	+2·0
VII	+2·2	+1·0	—	+1·2
VIII	+1·4	—	—	+1·0
IX	+4·2	—	—	+5·0
X	+1·3	—	—	—
XI	+1	—	—	—

Im ersten Intercostalraume ist hier im vorderen Abschnitte eine entschiedene Verengerung beim Aufblasen vorhanden. Allein schon im zweiten Intercostalraume ist dies nicht mehr der Fall; dagegen ist im dritten Intercostalraume im vorderen Abschnitte Verengerung, im hinteren jedoch entschiedene Erweiterung zu bemerken. In den folgenden Intercostalräumen ist überall Erweiterung zu finden, dieselbe ist jedoch in keinem Intercostalraume gleichmässig. Es ist also durchaus keine Parallelbewegung der Rippen, wie sie das Hamberger'sche Schema verlangt, vorhanden; ja in den obersten Intercostalräumen findet sich sogar Erweiterung und Verengerung neben einander. Im Grossen und Ganzen herrscht jedoch die Erweiterung der Intercostalräume bei der Hebung des Brustkorbes vor und in den hinteren Abschnitten der Intercostalräume ist sie sogar ausschliesslich vorhanden. Was nun das Verhalten der inneren Intercostalmuskeln an diesem Präparate betrifft, so hat sich für sämmtliche Intercostalräume, mit Ausnahme des ersten, ergeben, dass die Erweiterung derselben mit Entfernung, die Verengerung mit Annäherung der Insertionspunkte des Muskels zusammenfällt. In der Tab. XVI sind einige Zahlen zusammengestellt, welche für die unteren Intercostalräume nur die vordersten ächten inneren Zwischenrippenmuskeln betreffen, deren Verhalten am ehesten zweifelhaft schien.

Tabelle XVI.

Intercostalis internus (Präp. Nr. 3).

	Unter der Arteria subclavia.		Unter der Vena subclavia.		Vorderes Ende der knöchernen Rippe.	
Thorax.	Ruhe.	Aufgeblasen.	Ruhe.	Aufgeblasen.	Ruhe.	Aufgeblasen.
Intercostalraum. I	26·7	28·2	27	27	28	26·6
II	—	—	23	25	—	—
III	25	27	26	25	32·5	31
IV	—	—	—	—	30	30·5
V	—	—	—	—	26·2	29·2
VI	—	—	—	—	32·5	35·7
VII	—	—	—	—	34·9	35·5
VIII	—	—	—	—	23	26·5

Für den ersten Intercostalraum gilt die oben aufgestellte Regel nicht; hier fand sich unter der Arteria subclavia neben merklicher Verengerung des Intercostalraumes, Entfernung der Insertionspunkte, unter dem vorderen Rande der Vena subclavia keine Veränderung der Distanz der Insertions-

punkte, endlich am Ende der knöchernen Rippe Annäherung der Insertionspunkte. Hier im ersten Intercostalraume zeigt sich wohl unzweifelhaft, dass alle die Einwendungen, welche Volkmann gegen das Hamberger'sche Schema erhoben hat, berechtigt sind, dass in der That die Aenderung der Distanz der Insertionspunkte von der Erweiterung oder Verengerung des Intercostalraumes nicht direct abhängig ist. Es lässt sich dies ganz gut durch den von Volkmann so sehr betonten Umstand erklären, dass die Drehungsaxen der Rippen nicht parallel laufen. Gerade zwischen erster und zweiter Rippe ist aber, nach allen vorliegenden Messungen, die Divergenz der Drehungsaxen bei weitem grösser als zwischen irgend zwei anderen aufeinander folgenden Rippen und es ist deshalb begreiflich, dass gerade auf den ersten Intercostalraum das Hamberger'sche Schema nicht anwendbar ist. Dagegen ist die Divergenz der Drehungsaxen von der zweiten Rippe abwärts nicht hinreichend, um die allgemeine Regel zu stören, dass überall dort, wo beim Aufblasen die Intercostalräume sich erweitern, auch die Insertionspunkte der inneren Zwischenrippenmuskeln auseinander rücken. Dass dies, nur wenige Stellen der obersten Intercostalräume ausgenommen, überall der Fall ist, dürfte schon aus den hier mitgetheilten Messungen an freilich nur zwei Präparaten hervorgehen. (Tab. X—XIII und XIV—XVI.)

Es handelt sich aber, wenn man die Bedeutung der inneren Intercostalmuskeln für die Respirationsbewegungen beurtheilen will, um das Verhalten der Durchmesser der Intercostalräume bei den Athembewegungen. Die von Haller und anderen bei Vivisectionen an Thieren wiederholt gemachte Beobachtung, dass einzelne Intercostalräume bei der Inspiration enger wurden, mag ganz richtig sein; man kann sich aber wohl kaum vorstellen, dass überhaupt allgemein die Intercostalräume bei der Inspiration enger werden. Mag die Bewegung beim Aufblasen des Thorax von einer inspiratorischen Hebung des Brustkorbes auch in mancher Beziehung abweichen, — wie ja schon Hutchinson's Messungen dargethan haben — so sehr ist die Mechanik der Bewegung in dem einen und dem anderen Falle gewiss nicht verschieden, dass dort überwiegend Erweiterung, hier überwiegend Verengerung der Intercostalräume eintreten würde. Ich glaube, dass man trotz den Bemerkungen Volkmann's daran festhalten muss, dass bei der Inspiration die Intercostalräume — wenn auch nicht alle und nicht gleichmässig — im Allgemeinen sich erweitern. Ist aber diese Annahme gerechtfertigt, so ist damit auch die gleichzeitige Contraction der inneren Zwischenrippenmuskeln mit den äusseren, für alle sich erweiternden Intercostalräume als eine Hemmung der inspiratorischen Rippenhebung anzusehen. Denn Muskeln, deren Insertionspunkte bei Hebung der Rippen voneinander entfernt werden, können, falls sie sich contrahiren, dieser Be-

wegung nur entgegen wirken. Dieser berechtigte Schluss ist durch die von Haller bis auf Volkmann erhobene Einwendung, dass jeder Intercostalmuskel bei seiner Contraction die beweglichere untere Rippe gegen die weniger bewegliche obere annähern wird, nicht zu beseitigen.

Wenn nun auf Grund der mitgetheilten Messungen und der entwickelten Erwägungen eine Betheiligung der inneren Intercostalmuskeln bei der inspiratorischen Rippenhebung für alle sich erweiternden Intercostalräume geläugnet werden muss, so sind andererseits die Messungsresultate in keiner Weise geeignet, die exspiratorische Thätigkeit dieser Muskeln zu erweisen. Es entspricht vielmehr der Mehrzahl der vivisectorischen Erfahrungen und gelegentlichen Beobachtungen am Menschen[1], wenn man annimmt, dass die inneren Intercostalmuskeln bei der Inspiration sich zusammenziehen und es hat die Vorstellung durchaus nichts Widersinniges, dass sie hierbei theilweise antagonistisch gegen die Intercostales externi wirken. Die Erhaltung einer gleichmässigen Spannung in den Intercostalräumen, um ein Einsinken derselben bei der Inspiration zu verhüten, ist, wie dies Henle[2] und Brücke[3] angenommen haben, gewiss eine hinreichend wichtige Wirkung der gemeinsam thätigen Intercostalmuskeln.

Wenn wir endlich noch die Distanzänderungen der Insertionspunkte der inneren Intercostalmuskeln beim Aufblasen des Brustkorbes im Vergleiche zur Länge der Fleischfasern berücksichtigen, so zeigt sich, dass diese Distanzänderungen verhältnissmässig grösser sind, als bei den äusseren Intercostalmuskeln. Die Annäherung der Insertionspunkte bei collabirtem Thorax im Vergleiche zum aufgeblasenen, beträgt hier in den entschieden sich erweiternden Intercostalräumen in der Axillarlinie $^1/_3$—$^1/_2$ der Länge der Muskelbündel (vgl. Tab. X). Die grössten Distanzänderungen ergeben sich jedoch bei Vergleichung der Rotation des Rumpfes nach rechts und links. Es zeigt sich hierbei eine Annäherung der Insertionspunkte bei der Rotation nach der untersuchten Seite, welche stellenweise mehr als die Länge der Fleischfasern beträgt. Es darf daher angenommen werden, dass bei Rotationen des Rumpfes die inneren Intercostalmuskeln zur vollen Wirkung kommen.

[1] Siehe hierüber Volkmann, a. a. O.

[2] *Handbuch d. system. Anatomie.* Braunschweig 1858. Bd. I, Abthl. 3, S. 101.

[3] *Vorlesungen über Physiologie.* Wien 1874. Bd. I, S. 427.

Berichtigung.

Auf S. 190 Z. 3 v. u. lies „äusseren" statt „inneren".

Ueber die Vertheilung der Blutgefässe in der Netzhaut.

Von

Dr. Fr. Hesse,
Prosector in Leipzig.

(Hierzu Tafel VI.)

Die Untersuchung von Netzhäuten, die ich mit Carminleim injicirten Rattenköpfen entnahm, zeigt eine Anordnung der Blutgefässe, welche meines Wissens noch nicht beschrieben ist, und deren ausserordentliche Klarheit und Gesetzmässigkeit für die Kenntniss des Blutkreislaufes in der Retina ein besonderes Interesse bietet. Ausser diesem eigenen, gewannen die Befunde am Rattenauge für mich noch einen anderen Werth, denn sie wurden der Schlüssel, mit dem ich eine ähnliche Anordnung der Blutgefässe auch in den Netzhäuten des Menschen und des Hundes auffinden konnte.

Die vollständig injicirte Rattennetzhaut zeigt folgende Anordnung ihrer Blutgefässe:

Die Arteria und Vena centralis zerfallen an ihrer Eintrittsstelle in die Retina in je sechs Stämme, welche mit grosser Symmetrie gegen den Aequator hin auseinander strahlen. In ihrem Kaliber zeigen die sechs Theiläste nur geringe Unterschiede untereinander; dagegen sind die arteriellen im Allgemeinen schmäler als die venösen.

Unmittelbar an der Durchbohrungsstelle und in der nächsten Umgebung derselben, ist die Arterie das zu vorderst (dem Glaskörper näher) liegende Gefäss. Auch die Anfänge ihrer Theilstämme schieben sich sämmtlich vor denen der venösen hinweg; dann aber erheben sich die Venen in das gleiche Niveau als die Arterien. Beide Gefässe theilen sich ganz gleichmässig in die Retina, indem je ein Arterienstamm mit einem Venenstamme alternirt (s. Fig. 1). Während ihres Zuges gegen die Ora serrata hin verschmälern sich beiderlei Gefässstämme durch spitzwinklige Theilungen und geben, ebenso wie ihre Theiläste, nach rechts und links meist unter rechten

Winkeln kleinere Aeste ab, die sich allmählich in Capillarnetze auflösen (Fig. 2). Diese aber sind für beiderlei Gefässe an Lage und Gestalt verschieden. Es bleibt nämlich die gesammte Verzweigung der Arterienstämmchen, einschliesslich ihrer Capillarnetze, oberflächlich in der Nervenfaserschicht, während die Venenstämmchen sich alsbald nach ihrem Abgang aus einem grösseren Venenstamme in die Tiefe senken, sich hier weiter spalten und ebenfalls in ein Capillarnetz übergehen. Zwischen beiden Netzen sind aber zahlreiche capillare Verbindungen vorhanden. Es treten nämlich aus dem oberflächlichen überall Capillarschlingen in sanfteren und steileren Biegungen nach abwärts, um in das tiefe Netz einzumünden, das keine anderen Bezugsquellen besitzt. Im Aussehen unterscheiden sich beide Netze dadurch, dass die Gefässe des oberen geradlinig sind, und grosse Maschenräume einschliessen, während die Capillaren des unteren bogig verlaufen, sehr zahlreiche Anastomosen unter sich eingehen und engere Maschen bilden (s. Fig. 2).

Senkrechte Schnitte zeigen, dass das obere Capillarnetz in der Schicht der Nervenfasern gelegen ist; das untere, in der der inneren Körner, reicht bis zur Zwischenkörnerschicht. Dem entsprechend ist der senkrechte Abstand beider Netze am grössten in der Nähe des hinteren Augenpoles und nimmt gegen den Aequator hin mehr und mehr ab.. Es ist also mit kürzeren Worten die Gefässanordnung in der Netzhaut der Ratte diese: Die Arteria centralis geht in ein Capillarnetz über, das in der Nervenfaserschicht liegt. Aus diesem Netze, das man, seiner Beziehung zur Arterie wegen, auch das arterielle Capillarnetz der Retina nennen könnte, zweigen sich allerwärts Capillaren ab, die in die Tiefe treten und in der inneren Körner- und Zwischenkörnerschicht ein zweites (venöses) Capillarnetz bilden, aus welchem die Aeste der Centralvene hervorgehen.

Da das Blut, welches in dieses äussere Netz gelangt, bereits das innere und die Verbindungscapillaren beider Netze durchflossen hat, so ist anzunehmen, dass das äussere Netz in geringerem Grade zur Gewebsernährung befähigt ist, als das innere. Aber als eine Einrichtung, welche den Sinn hat, diesen Unterschied auszugleichen, darf man vielleicht die beträchtlich grössere Flächenausbreitung ansehen, welche das venöse Capillarnetz im Vergleich zum arteriellen besitzt.

Gegen die nach dem geschilderten Grundplan erfolgende Verzweigung tritt eine kleine Zahl von Capillaren und dünnen Venenästchen, welche direct aus dem arteriellen Capillarnetz in Centralvenenstämme einmünden, fast vollständig in den Hintergrund. Sie sind aber in allen Bezirken der Retina in spärlicher Zahl vorhanden; während ich umgekehrt Arterienstämmchen, die sich mit Umgehung des oberen Capillarnetzes direct in das untere ergössen, am Rattenauge nirgends finden konnte. Die arteriellen Verzwei-

gungen vermeiden die unmittelbare Nähe der Arterienstämme, sodass diese in gefässlosen Strecken liegen, welche nur von den Aestchen quer durchsetzt werden, die aus den Arterienstämmchen in das arterielle Netz treten. Das äussere Capillarnetz dagegen behält auch hinter den Arterienstämmen seine gleichmässige Verbreitung bei.

Endlich ist darauf hinzuweisen, dass, während in dem äusseren Capillarnetze die Anastomosenbildung der Capillaren und Venen eine sehr entwickelte ist, die Gefässe des inneren sich viel weniger untereinander verbinden. So sieht man in Fig. 2 an der mit * bezeichneten Stelle, dass die peripherischen Capillaren aus zwei benachbarten Arterienstämmchen in das äussere Netz treten, ohne sich erst mit einander zu vereinigen.

Wenden wir uns jetzt zur Betrachtung der menschlichen Netzhaut. Ueber die oberflächliche Lage der grösseren Aeste der Arteria und Vena centralis in der Nervenfaserschicht herrscht vollständige Uebereinstimmung unter den Angaben der verschiedenen Autoren, ebenso darüber, dass die Arterienästchen zahlreiche Zweige in die Tiefe senden, deren Ramification nicht über das Gebiet der Zwischenkörnerschicht hinausschreitet. Capillaren finden sich nach Cruveilhier (*Traité d'Anatom. déscript.* Tome II. p. 650. Paris 1874) in der Nervenfaser-, in der moleculären und in der inneren Körnerschicht. Leber (Gräfe-Sämisch, *Handb. der ges. Augenheilk.* II. Band. p. 310. 1876) macht auf den Mangel an Anastomosenbildung im Gebiete der Centralarterie aufmerksam; über die Topographie der Capillaren äussert er sich aber nicht näher. In der Abbildung, die er am erwähnten Orte von den menschlichen Netzhautgefässen giebt, stellt er eine grosse Zahl von Capillaren dar, welche zugespitzt blind endigen. Da ich an gut injicirten Präparaten ein gleiches Verhalten niemals beobachten konnte, glaube ich dass diese Darstellung Leber's irrthümlich ist; ich finde, dass diese Capillaren überall ein zusammenhängendes geschlossenes Netz bilden. Auch Krause's Schilderung (*Allgem. u. mikroskop. Anatomie,* S. 170. 1876) trifft den thatsächlichen Bestand nicht vollständig, obgleich sie ihm wohl am nächsten kommt. Er lässt die Centralarterien- und Centralvenenäste in den Schichten der Nervenfasern und Ganglienzellen sich in ein weitmaschiges, rhomboidales Netz auflösen, von welchem bogenförmige, radiär gerichtete, anastomosirende Maschennetze durch die granulirte in die innere Körnerschicht treten, die an der Zwischenkörnerschicht bogenförmig umbiegen.

Meine Untersuchungen haben mir gezeigt, dass die capilläre Verzweigung der menschlichen Retinagefässe mit der der Ratte sehr wesentliche Uebereinstimmungen besitzt.

Auch die menschliche Netzhaut besitzt zwei Capillarnetze, ein inneres, in der Nervenfaserschicht und ein äusseres, das die innere Körnerschicht einnimmt und bis zur Zwischenkörnerlage reicht. Jenes ist grossmaschig, mehr

geradlinig, dieses dichter und aus stärker gewundenen Capillaren zusammengesetzt. Das innere geht aus der Verbreitung der Centralarterie hervor; das äussere bezieht sein Blut durch zahlreiche, radiär laufende Capillarschlingen, die sich allerwärts aus dem inneren Capillarnetz abzweigen, und es findet seinen Abfluss in die Aeste der Centralvene.

Zum Unterschied von der Ratten-Netzhaut sammelt sich aber beim Menschen eine viel grössere Zahl von Capillaren des inneren Netzes schon zu kleinen Venen, welche in Centralvenenäste einmünden, so dass wir hier bereits in dem inneren Netze einen nicht unbeträchtlichen venösen Antheil vorfinden.

Eine zweite Abweichung zeigt die menschliche Retina in der Abfuhr des Blutes aus dem äusseren Capillarnetze: Es liegen nämlich die Venen, zu denen sich die Capillaren des äusseren Netzes sammeln, beim Menschen nicht auch schon in der äusseren Körnerlage, sondern fast in gleichem Niveau mit der arteriellen Gefässverbreitung. Die Gefässe der inneren Körnerschicht bleiben also sämmtlich capillär. Hierdurch wird es erforderlich, dass sich zu den Blut zuführenden Verbindungsröhren beider Capillarnetze ein zweites System radiärer Capillaren gesellt, durch welches der Abfluss des Blutes aus dem äusseren Netze in die Venen erfolgt. Dieser aber geschieht nicht direct in die Centralvenenstämme, sondern in den venösen Theil des inneren Capillarnetzes und zwar noch öfterer in die Capillaren desselben als in die kleinen Venenanfänge. Somit ist beim Menschen das äussere Capillarnetz recht eigentlich als ein Anhängsel des Capillarnetzes in der Nervenfaserschicht zu bezeichnen.

Die Unterscheidung von Zufluss- und Abflussbahnen des äusseren Netzes ist durch diese Anordnung im Menschenauge viel schwieriger als bei der Ratte. Indess ist es mir auch an einfarbig injicirten Präparaten fast stets gelungen, Entscheidung darüber zu erlangen, zu welcher von beiden Bahnen ein beliebiges Gefäss gehörte.

An den Netzhäuten von Hunden, die ich untersucht habe, finde ich, dass das Capillarnetz der inneren Körnerschicht nicht so dicht ist als beim Menschen. Im Uebrigen aber erfolgt hier die Vertheilung der Gefässe nach demselben Plane wie dort.

Als ich Hrn. Professor His meine Präparate vorgelegt hatte, zeigte er mir eine Anzahl von Injectionspräparaten menschlicher Netzhäute und von Zeichnungen, die er früher davon angefertigt hatte und welche mit der eben gegebenen Darstellung in völliger Uebereinstimmung standen. Da sich dieselben auch auf das Gebiet der Ora serrata und der Eintrittsstelle des Sehnerven bezogen und da Hr. Professor His sich bereit erklärte, seine Beobachtungen den meinigen anzuschliessen, so habe ich diese Abschnitte ausserhalb des Bereichs meiner Darstellung gelassen.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel VI.

Fig. 1. Netzhaut der Ratte. Eintrittstelle der Gefässe. Vergrösserung 47 : 1.

A. Aeste der Arteria centralis.
V. Aeste der Vena centralis.

Fig. 2. Stellt die capilläre Gefässverbreitung in derselben Netzhaut dar. Vergrösserung 125 : 1.

A. ein Arterienstämmchen mit abtretendem Seitenast.
V. die Venen, in die sich das untere Capillarnetz sammelt.

Das rothgefärbte Netz ist bei hoher, das andere bei tiefer Einstellung gezeichnet worden. Ihr Abstand betrug etwa 60 μ.

In beiden Abbildungen ist die Netzhaut so gelagert zu denken, dass die Nervenfaserschicht nach oben sieht.

Abbildungen über das Gefässsystem der menschlichen Netzhaut und derjenigen des Kaninchens.

Von

Wilhelm His.

(Hierzu Tafel VII und VIII.)

Hr. Dr. Hesse hat im obigen Aufsatze die Lage und den Zusammenhang der Retinacapillaren einer erneuten Besprechung unterzogen, und er hat dabei den bei der Ratte so auffälligen Gegensatz zwischen einem arteriellen, inneren und einem venösen, äusseren Abschnitte des Capillarsystemes zur gehörigen Geltung gebracht. Im Anschluss daran erlaube ich mir eine Anzahl ziemlich alter, hoffentlich aber nicht durchweg veralteter Zeichnungen mitzutheilen, die sich auf das Gefässsystem der Netzhaut beziehen. Abgesehen von wenigen zur Ergänzung beigefügten Figuren, stammen sie aus dem Jahre 1865, in welcher Zeit ich, anlässlich meiner Studien über das perivasculäre Kanalsystem, zahlreiche Injectionen von menschlichen und thierischen Augen ausgeführt habe.[1] Ausgeschnittene Augen sind leicht zu injiciren, wenn zugleich mit dem Bulbus der übrige Inhalt der Orbita herausgeschält worden ist. Es wird die A. ophthalmica in ihrem hinteren Abschnitte aufgesucht, mit einer Canüle versehen und nunmehr das umgebende Gewebe mittelst krummer Nadel in vier oder fünf Partieen umstochen und abgebunden. Allfällige kleinere, trotz dieser Vorsichtsmassregeln stattfindende Extravasationen sind ohne Bedeutung für die Füllung der Bulbusgefässe. Alle mitgetheilten Zeichnungen sind mit dem Prisma aufgenommen.

Fig. 1 zeigt vom 6 monatl. Kinde die Verhältnisse, wie sie für Flächenbilder des Augenhintergrundes typisch sind. Von den in den Nervenfaserschichten verlaufenden Hauptstämmchen der A. centralis gehen alternirend

[1] S. *Verhandlungen der naturf. Gesellschaft in Basel.* Bd. IV, S. 256.

und in ziemlich grossen gegenseitigen Abständen die capillaren Seitenäste ab, die ich als Arteriae afferentes bezeichnen will. Sie verlassen den Hauptstamm unter annähernd rechten Winkeln, verlaufen von ihm aus seitwärts bis auf eine Entfernung von 0·13—0·25^{mm}; dann beginnen sie dichotomisch sich zu theilen. Die aus der mehrfach wiederholten Theilung hervorgegangenen Zweige breiten sich in dem zugehörigen Gebiete der Fläche nach aus, ohne jedoch innerhalb der inneren Netzhautschichten ein geschlossenes Netzwerk zu bilden. Ich finde nämlich im Augenhintergrunde keine Verbindungen benachbarter Arterienästchen untereinander. Verbindungen mit Venenwurzeln sind (falls überhaupt vorhanden) jedenfalls nur sehr sparsam.

Das in den inneren Retinaschichten liegende Astwerk arterieller Capillaren entsendet seine zum Theil kurzen Endzweige nach auswärts in das Netz venöser Capillaren. Dasselbe besteht im Allgemeinen aus bogenförmig sich erhebenden Schleifen, welche unter einander in mässig reichlichen Verbindungen stehen. Dies Gefässnetz liegt zwar durchweg nach aussen vom Astwerk der Arteriae afferentes, aber es ist leicht zu constatiren, dass die dasselbe zusammensetzenden Gefässbogen in verschiedenen Ebenen liegen; einige reichen weiter, andere minder weit nach auswärts, und das Gefässnetz bekommt dadurch eine eigenthümlich wellige Beschaffenheit. In Fig. 2 habe ich bei stärkerer Vergrösserung den Flachschnitt einer injicirten menschlichen Netzhaut dargestellt, welche den Durchtritt der äussersten Capillarschleifen durch Lücken der inneren Körnerschicht und deren Zusammenhang mit inneren Bogenstücken zeigt.

Aus dem beschriebenen Capillarnetz treten kleine Venenwurzeln nach einwärts, welche in das dichotomische Astwerk der Venae efferentes einmünden. Letztere treten in der Regel unter rechten Winkeln an die Hauptstämmchen heran. (v. Fig. 1.) Stellenweise begegnet man rückläufigen Venae efferentes (Fig. 1 links), indess pflegt auch deren Endstück unter einem annähernd rechten Winkel dem Stamme sich anzuschliessen.

Die Theilung der Arteriae afferentes geschieht, wie oben gezeigt wurde, in einiger Entfernung vom Hauptstamme; jenseits von der Theilungsstelle beginnt erst das Gebiet der arteriellen Capillaren. Allein auch die venösen Capillaren überschreiten diesen Bezirk nur unerheblich. Hieraus ergiebt sich ein bemerkenswerther, schon für die Betrachtung bei schwacher Vergrösserung sehr charakteristischer Gesammthabitus injicirter, und von der Fläche her gesehener Netzhäute. Es sind nämlich die Stämme der Arterien von je zwei Streifen hellen Gewebes eingefasst, das ausser den von Strecke zu Strecke hindurchtretenden Arteriae afferentes keine Capillaren enthält. Mehr sporadisch findet sich das Verhältniss, das Fig. 1 links zeigt, wo ein kleines Venenstämmchen neben die Arterie tritt und dieselbe ein Stück weit begleitet. Die Hauptstämme der Venen werden an ihrer Aussenseite

von quer gestellten Capillarbogen überbrückt, verlaufen aber im Uebrigen gleichfalls inmitten eines Streifens vom gefässlosem Gewebe.

Das Verhältniss der Gefässe zu den Retinaschichten, wie es aus der Betrachtung senkrechter Schnitte sich ergiebt, ist seit den Arbeiten von H. Müller oft beschrieben worden. Bei ihrem Eintritt in das Auge (Fig. 3) liegen die Hauptstämme der A. u. V. centralis Retinae inmitten der Nervenbündel und treten stellenweise ganz nahe an die innere Oberfläche der Faserschicht, dann aber biegen sie nach hinten um, derart, dass sie deren Aussenfläche erreichen, und sie breiten sich nun zwischen Faser- und Zellenschicht, zum Theil innerhalb der letzten aus. Flachschnitte der innern Retinaschichten (Fig. 4) zeigen daher die innere Seite der Gefässzweige von den Nervenfaserbündeln überbrückt. An den nicht sehr zahlreichen Stellen, wo Arterien- und Venenstämmchen sich kreuzen, liegen letztere weiter nach aussen als jene.

Innerhalb des Sehnerven besitzt die Arteria centralis Retinae eine musculöse Media (*M* Fig. 3); dieselbe schärft sich mit Annäherung an die Lamina cribosa zu und verliert sich nach dem Durchtritt der Arterie durch die letztere. In der Netzhaut selbst sind die Arterienstämme von einer, an Dicke allmählich abnehmenden bindegewebigen Adventitia begleitet.

In derselben Ebene, in welcher die Stämme der Arterien und Venen verlaufen, liegen auch die ihnen zugehörigen Arteriae afferentes und Venae efferentes. Von den aus deren Verzweigung sich erhebenden Gefässbogen tritt ein Theil zur inneren, ein anderer Theil zur äusseren Grenzfläche der inneren Körnerschicht (Fig. 5). Die Gefässe breiten sich demnach in drei (oder wenn die Nervenfaserschicht Capillarschlingen enthält in vier) übereinander liegenden Etagen aus. Die granulirte Schicht besitzt keine flach verlaufenden Capillaren; dagegen wird sie in mehr oder minder steil radiärer Richtung von den Wurzeln der Gefässbogen durchsetzt. Die Fortsetzungen dieser Wurzelgefässe durch die Körnerschicht hindurch vermitteln die Verbindung äusserer und innerer Capillarbogen.

An der Eintrittsstelle des Sehnerven und in deren Umgebung, soweit die Faserschicht eine gewisse Dicke hat, treten von den Gefässstämmen aus Capillaren nach einwärts und umfassen die Bündel der Nervenfasern (Fig. 3 und Fig. 5 rechts). Die Gegend um die Eintrittsstelle des Sehnerven herum ist überhaupt die capillarreichste Partie der Netzhaut. Auffallend ist ein Befund, den ich in Fig. 3 dargestellt habe. Das Stück des Sehnerven, welches unmittelbar auf die Lamina cribosa folgt, zeigt ein dichtes Netzwerk von Capillaren, die an Weite sowohl diejenigen der Netzhaut, als die des Opticusstammes erheblich übertreffen. Die Präparate stammen von erwachsenen Menschen und die Möglichkeit ist nicht abzuweisen, dass die Er-

weiterung der Capillaren an dieser Stelle eine pathologische oder vielleicht auch eine Alterserscheinung sei. Ohne erneute, speziell auf den Punct gerichtete Untersuchungen wird darüber kaum mit Bestimmtheit abzuurtheilen sein.

Im vorderen, der Ora serrata zugewendeten Theil der Netzhaut bleibt der Grundtypus der Gefässvertheilung zwar derselbe, wie in der hinteren Hälfte der Membran, aber er ist sehr vereinfacht. (Fig. 6.) Auch hier treten aus den Arterienstämmchen unter rechtem Winkel kleine Arteriae afferentes. Dieselben theilen sich dichotomisch; ihre Zweige können der Quere nach unter einander zusammenhängen, und sie gehen meistens ziemlich gestreckten Verlaufes in die Venulae efferentes über. Die Verbindungsbogen zwischen Arterien und Venen, welche in der hinteren Netzhauthälfte die Schichten mehr oder minder steil durchsetzen, sind hier flach ausgebreitet und erheben sich nur sehr wenig aus der Ebene, in der die Hauptstämme gelegen sind.

Der Uebergang aus den zuletzt geschilderten einfachen Verhältnissen in die complicirteren der hinteren Netzhauthälfte, geschieht nicht urplötzlich. Er ist derart vermittelt, dass aus den gestreckten Röhren des flachen Capillarnetzes einzelne Schleifen papillenartig sich abzweigen (Fig. 7) und nach auswärts treten. Die Menge und die Längenausdehnung dieser Schleifen nimmt weiterhin zu; sie gehen unter einander Verbindungen ein und der äussere Antheil des Capillarnetzes gewinnt nun eine ausgedehntere Entwickelung. In dem ziemlich breiten, die Zone des Aequators mit umfassenden Uebergangsgebiete tritt in weit ausgesprochenerem Maasse als im Augenhindergrunde der Gegensatz eines äusseren und eines inneren Capillarnetzes hervor, da ein Theil der Verbindungen zwischen Arteriae afferentes und Venae efferentes innerhalb der inneren, ein anderer in den äusseren Schichten stattfindet. — Gehen wir von vorderen Netzhautabschnitten aus nach rückwärts, so haben wir sonach folgende Entwickelungsstufen des intermediären Capillarsystemes:

1) Die intermediären Capillaren liegen flach in den inneren Retinaschichten ausgebreitet;

2) aus dem flach angeordneten Capillarnetzen erheben sich einzelne kurze Schlingen in äussere Schichten;

3) die sich erhebenden Schlingen nehmen an Zahl und an Spannweite zu, so dass nun ein Theil des Blutes in äusseren, ein anderer in inneren Bahnen den Weg von den Arterien zu den Venen durchmisst;

4) die weitaus überwiegende Mehrzahl der Capillarverbindungen nehmen ihren Weg durch die äusseren Schichten, und nur sparsam zerstreut sind noch innere Verbindungsgefässe erhalten geblieben; endlich kommen

5) um die Eintrittsstellen der Sehnerven herum Capillarbogen zur Entwickelung, die von den Hauptstämmen aus nach einwärts in die Faserschichten treten.

Nach der Art, wie die ausserhalb der inneren Körnerschicht liegenden Capillaren gespeist werden, ist ersichtlich, dass sie bei Einstellung des Mikroskopes auf die betreffende Ebene keine geschlossenen Figuren bilden können. Man wird bei solcher Einstellung immer nur Stücke eines Netzwerkes scharf sehen; die in anderen Schichten liegenden Anfänge und Fortsetzungen sind verwaschen, um so mehr natürlich, je stärker die Vergrösserung. Diese Verhältnisse kommen in Betracht bei der Beurtheilung von der entoptischen Wahrnehmung des Kreislaufes.

Durch Steinbuch und durch Purkinje wurde zuerst wahrgenommen, dass man die strömenden Blutkörperchen im eigenen Auge zu sehen vermag. G. Meissner[1] und besonders C. Vierordt[2] haben die betreffenden Versuche eingehend wieder aufgenommen, und letzterer hat sie zu hämotachometrischen Bestimmungen verwerthet. Bei vollem Gelingen des Versuches sollen nach Vierordt die Blutströmchen gelblich zwischen hellen Maschenräumen und mit vollendeter Schärfe sich darstellen; Anastomosen sollen nicht sehr zahlreich sein, Theilungen als spitzwinklige Bifurcationen erscheinen, manche Gefässe auch sich kreuzen, ohne zu anastomosiren. Die Strömchen sollen bald schnell mit vereinzelten Pünktchen, bald mit mehreren nebeneinander fliessenden Pünktchen erscheinen. Auch betont Vierordt ausdrücklich die Sichtbarkeit verschiedener Capillarschichten; vor den etwas dunkleren Gefässen sieht er ziemlich viel helle Punkte sich bewegen, nach ihm „offenbar fragmentäre Anschauungen einer anderen Netzhautschicht."

In dieser geschilderten Vollendung das Phänomen zu sehen, ist mir nie gelungen; dagegen ist es mir leicht, Erscheinungen zu sehen, die vielleicht theilweise mit den zuletzt erwähnten Angaben Vierordt's sich decken. Wenn ich kurze Zeit hindurch den gleichmässig blauen Himmel anstarre, tritt zunächst eine eigenthümliche Unruhe im Gesichtsfelde ein, als ob in sehr undeutlich gezeichneten, dunkeln, netzförmigen Bahnen Bewegung stattfände; dann aber wird das Gesichtsfeld bald durchsetzt von zahlreichen silberhellen Pünktchen, welche dasselbe nach verschiedenen Richtungen hin

[1] G. Meissner, *Beiträge zur Physiol. des Sehorganes.* Leipzig 1854. S. 84 ff.
[2] C. Vierordt, *Die Erscheinungen und Gesetze der Stromgeschwindigkeit des des Blutes.* Frankfurt 1858. S. 41 ff.

durchfliegen. Dieselben sind stets einzeln; dasselbe Pünktchen beschreibt bogenförmige, oft auch winklige, stellenweise rückläufige Bahnen; aber niemals konnte ich solche Punkte über grössere Strecken des Gesichtsfeldes verfolgen oder innerhalb geschlossener Bahnen verlaufen sehen. Jedes Pünktchen taucht an bestimmter Stelle im Gesichtsfelde auf, durchzieht einen gewissen Theil desselben und taucht dann wieder unter. Die Vereinzelung der also gesehenen Pünktchen und die Form ihrer Bahnen hat neuerdings A. Fick veranlasst[1], die Beziehung derselben zu Blutkörperchen in Abrede zu stellen. Zu diesem absprechenden Urtheile liegt meines Erachtens kein genügender Grund vor, und ich halte dafür, dass die Zurückführung der fraglichen Erscheinung auf strömende Blutkörperchen aus anatomischen Gründen nicht zu beanstanden ist. Die Bahnen, in denen jene Pünktchen sich bewegen, entsprechen ihrem Charakter nach den Blutbahnen jenseits von der inneren Körnerschicht und die Vereinzelung der Pünktchen wird unter der Voraussetzung verständlich, dass jene äussersten Capillaren ihrer Enge halber nicht von einem continuirlichen Körperchenzug durchsetzt werden. Wird aber das Bild der fliegenden Pünktchen von den Blutkörperchen hervorgerufen, welche die Capillaren der inneren Körnerschicht durchsetzen, so ist ferner zu betonen, dass es sich kaum um eine directe Sichtbarkeit der Körperchen handeln kann. In dem Falle müssten ja die Pünktchen, ähnlich der Purkinje'schen Gefässfigur, als Schattenbilder in hellem Grunde sich darstellen. Denkbar ist es dagegen, dass hier Druckbilderscheinungen vorliegen, die durch den Einfluss der strömenden Körperchen auf angränzende Leitungsbahnen der Zwischenkörnerschicht zu Stande kommen. Zur Unterstützung einer derartigen Auffassung kann der Umstand angeführt werden, dass die Sichtbarkeit jener Erscheinung durch alle jene Einflüsse gesteigert wird, welche auch die Blutcongestion zum Auge steigern (vorangegangenes Bücken, starke Bewegung des Kopfes und vor allem der Nachlass eines zuvor auf den Bulbus ausgeübten Druckes).

Bekanntlich hat H. Müller gezeigt, dass die Gefässe secundär in die Netzhaut herein wachsen[2] und dass sie anfangs in einfacher Lage vorhanden sind; erst später dringen Schlingen in tiefere Retinaschichten vor. Derselbe Forscher hat auch hervorgehoben, dass die gefässhaltige Hyaloidea der Amphibien und Fische dem Systeme der Netzhautgefässe entspricht[3], und

[1] A. Fick in Hermann's *Physiol.* Bd. III, S. 234.
[2] H. Müller, *Würzburger naturw. Zeitschrift.* Bd. II, S. 222.
[3] A. a. O. S. 64.

er hat des Ferneren auf die Eigenthümlichkeit hingewiesen, dass bei manchen Säugethieren, bei den Lepusarten und beim Pferd nur ein kleiner Netzhautdistrikt gefässhaltig ist. Das laut H. Müller's Angaben zuerst durch Thiersch nachgewiesene Verhalten der Gefässe bei Hasen und Kaninchen ist wohl Jedem, der sich überhaupt mit Injectionen abgegeben hat, aus eigener Anschauung bekannt. Der schmale, die dunkelrandigen Nervenfasern begleitende Gefässstreifen zeigt in seinem Anfangstheile Schlingen, welche beinahe zottenartig aus der Ebene, in der die Hauptstämme liegen, sich emporheben; weiterhin werden diese Schlingen niedriger und nach den Enden des Ausbreitungsgebietes wird die Gefässlage einschichtig. Die Hauptstämme der Retinagefässe sind nun, und dies ist von entwickelungsgeschichtlichem Interesse, nicht in der Netzhaut eingeschlossen, sondern sie liegen diesseits von der Membrana limitans an der Aussenseite des Glaskörpers (Fig. 8). Wir können somit beim Kaninchen, ähnlich wie bei Amphibien, oder Fischen von einer gefässhaltigen Hyaloidea reden. Von dieser aus erheben sich die der Retina selbst zugehörigen Capillarschlingen; dieselben durchsetzen die im fraglichen Gebiete sehr mächtige Nervenfaserschicht, dringen indess, soweit ich ersehen kann, nicht bis in die granulirte Schicht vor.

— — —

Ich füge den Abbildungen über das Blutgefässsystem der Netzhaut noch einige Zeichnungen bei über perivasculäre Canäle, Lymphgefässe und verwandte Räume.

Fig. 9 zeigt Gefässe aus der Netzhaut einer jungen Katze, welche erst mit blauer und dann mit rother Masse injicirt worden sind. Um die feinen rothen Gefässzweige herum bildet die blaue Masse an zahlreichen Stellen cylindrische Mantelröhren; sie ist, nach meiner Auffassung, aus den Blutgefässen durch Forcirung der Wandungen in die umgebenden perivasculären Canäle gelangt.

Fig. 10 zeigt an einem Flachschnitte der menschlichen Retina aus der Nervenzellenschicht ein Stück capillarer Verzweigung mit den die Blutgefässe umgebenden perivasculären Räumen. (Vergr. 320.)

Fig. 11 zeigt gleichfalls vom Menschen bei schwacher (24facher) Vergrösserung das von Blessig zuerst beschriebene und seitdem oft discutirte Lacunensystem, das hinter der Ora serrata gelegen ist. Die Räume hängen der Fläche nach unter einander zusammen und bilden ein Kanalnetz, das vorn seine grösste Weite besitzt, nach rückwärts in spitze Buchten ausläuft. Bei stärkerer Vergrösserung erweisen sich (Fig. 12) die Kanäle von quergestellten kernhaltigen Fäden umschlossen. In wie weit dies so auffallende

weite Röhrensystem die Bedeutung eines Lymphkanalsystem beanspruchen darf, ist durch erneute Untersuchungen festzustellen.

Fig. 13 zeigt einen Querschnitt des Sehnerven etwa 1 ^{cm} hinter der Eintrittsstelle in den Bulbus. Arteria und Vena centralis sind von grösseren Lymphspalten umgeben, und auch zwischen den Bündeln des Nervenstammes sind solche reichlich vorhanden.

Fig. 14 zeigt den Querschnitt der Lamina cribosa desselben Auges. Die Nervenbündel sind sehr schmal geworden, und sie sind dicht umhüllt von breiten Streifen derben Bindegewebes. Von Lymphlücken sind nur noch einige wenige enge Spalten in der nächsten Umgebung des Arterienquerschnittes wahrzunehmen.

Eine Modification der von Pansch empfohlenen kalten Injection mit Kleistermasse.

Von

Dr. Adam Wikszemski,
Prosector.

Aus dem anatomischen Institute zu Dorpat.

Bei der gewöhnlich üblichen Injection menschlicher Leichen und Leichentheile mit Wachsmasse werden die betreffenden Stücke durch warmes Wasser erwärmt. Es bringt aber gerade die Erwärmung durch Wasser mancherlei Nachtheile herbei; ein einmal erwärmter Leichentheil geht schneller zu Grunde, als ein nicht erwärmter. Ueberdies wird beim Liegen im Wasser häufig die Epidermis durch Maceration gelöst und auch dies ist ein grosser Nachtheil. — Um diesem Nachtheile der feuchten Wärme zu entgehen hat Prof. Stieda bereits vor mehreren Jahren die Anwendung trockener Wärme[1] empfohlen. Dies Verfahren wurde eine Zeit lang mit Erfolg im hiesigen anatomischen Institute geübt. Nachdem sich aber die Injection mit Carbolsäurelösungen auch hier in Dorpat eingebürgert hatte, konnte auch die Anwendung trockener Wärme aufhören, um die Leichen mit Wachsmasse zu injiciren. Leichen und Leichentheile, welche vorher mit der bekannten verdünnten Carbolsäurelösung injicirt worden sind, können — ohne erwärmt zu werden — mit einer heissen und flüssigen Wachsmasse eingespritzt werden. Prof. Stieda hat über diese Methode berichtet.[2] Es lässt sich freilich nicht leugnen, dass die kleinsten Gefässe nicht stets bei dieser Methode sich füllen. Es kam oft vor, dass bei Injection von der Aorta aus die Gefässe der Hand und der Füsse sich nicht

[1] L. Stieda, Eine Notiz über die Injection von Leichen. *Dies Archiv*, Jahrgang 1870 S. 753 u. 754.

[2] L. Stieda, Einige Bemerkungen über die Injection von Leichen. *Dies Archiv*, Jahrgang 1876 S. 778 u. 779.

füllten. Das war freilich ein Nachtheil, aber die Methode hatte sonst grosse Vortheile und bot viel Bequemlichkeiten dar. Man konnte jene Nachtheile leicht vermeiden, wenn man die einzelnen Theile, z. B. ein Bein oder einen Arm einzeln injicirte.

Als nun Prof. A. Pansch eine Methode der kalten Injection mit Kleistermasse bekannt gemacht hatte,[1] sah Prof. Stieda darin einen wesentlichen Fortschritt der Injectionstechnik und forderte mich auf, diese Methode zu probiren. Nachdem ich durch vielfache Injectionen mich von von der Vortrefflichkeit der kalten Injection überzeugt habe, sehe ich mich veranlasst, meine bezüglichen Erfahrungen darüber hier mitzutheilen und zugleich die Besprechung einer Modification der Kleistermasse von Pansch anzuschliessen, welche ich für eine wesentliche Verbesserung der einfach gefärbten Kleistermasse halte.

Ueber die Vortheile der kalten Injection, sowie über die Vortheile der kalten Injection mit Kleistermasse brauche ich hier nichts zu sagen. Professor Pansch hat in seinem oben citirten Aufsatze mit Recht die Methode und die Masse gelobt. Ich brauche das hier nicht zu wiederholen.

Prof. Pansch macht aber selbst darauf aufmerksam, dass seine flüssige Kleistermasse aus den grossen Gefässen leicht ausfliesst und deshalb für die Zwecke des Präparirsaales — bei der nicht gerade zarten Behandlung des Präparates von Seiten der Präparanten — sich zu weich erweise. Er empfiehlt deshalb Zusatz von Gummi arabicum oder Zusatz von Alkohol. Letzterer soll der Masse zugleich eine gewisse Haltbarkeit geben, um sie für weitere Zwecke aufbewahren zu können. Es hat auch dies seine Richtigkeit, allein Alkohol ist theuer und ein wesentlicher Vortheil der Kleistermasse gegenüber der Wachsmasse ist ihre Billigkeit.

Um nun die Masse zähflüssiger und zugleich haltbarer zu machen, habe ich Glycerin und etwas Carbolsäure zugesetzt und bin mit der so modificirten Masse zu besseren Resultaten gelangt als mit der einfach gefärbten Masse.

Meine modificirte Kleistermasse hat folgende Zusammensetzung:

30	Gewichtstheile	Mehl,
1	„	Zinnober,
15	„	Glycerin,
2	„	Carbolsäure,
30—40	„	Wasser.

Ich verfahre bei Anfertigung der Masse in folgender Weise. Das Mehl und der Zinnober werden zuerst trocken mit einander gemischt; dann

[1] Ad. Pansch, Kalte Injection mit Kleistermasse. *Dies Archiv* Jahrg. 1877 S. 480—482.

wird unter stetem Umrühren das Glycerin ganz allmählich zugefügt. Man muss so lange rühren, bis sich keine Klumpen mehr bilden, sondern Alles eine dickflüssige gleichmässige Consistenz zeigt. Jetzt erst mag man die mit etwas Spiritus gelöste Carbolsäure hinzuthun und schliesslich erst ganz allmählich das Wasser.

Die zur Injection mit Kleistermasse bestimmte Leiche wird von der Aorta aus mit der üblichen Carbolsäurelösung (20 Gewichtstheile Wasser je $1^1/_2$ Gewichtstheil Carbolsäure, Spiritus, Glycerin) vermittelst eines Druckapparates injicirt.[1] Dann lasse ich die Leiche bei mittlerer Temperatur 24 Stunden liegen, damit die carbolige Lösung aus den Gefässen allmählich in die Gewebe einzudringen Zeit findet. Injicirt man unmittelbar nach der Carbolsäure die Kleistermasse, so leisten die noch prall gefüllten Gefässe sehr starken Widerstand und es kommt schliesslich leicht zur Extravasation. Injicirt man erst nach 24 Stunden, so sind die Gefässe unterdessen wieder leer geworden. Die nach oben beschriebener Weise angesetzte Kleistermasse injicire ich mittelst einer etwa $^1/_4$ Liter fassenden Handspritze gleichfalls von der Aorta aus. Gewöhnlich bei mittelgrossen Leichen sind $2^1/_2$ bis 3 Spritzen hinreichend; in sehr seltenen Fällen konnte ich noch eine 4. Spritze injiciren, doch ist hier die Gefahr einer Gefässruptur sehr zu fürchten. Es erwies sich zweckmässig, die zuerst injicirte Masse etwas mehr dünnflüssig zu machen, etwa 2 Spritzen und dann zuletzt eine möglichst dickflüssige Masse nachfolgen zu lassen.

Bei dieser Injectionsmethode füllen sich unter günstigen Umständen die Gefässbogen der Hände und Füsse, was für die Zwecke des Präparirsaales völlig ausreichend ist. Erweist sich bei späterer Präparation, dass die Gefässe der Hände und der Füsse sich nicht gefüllt haben (meist sind Blutcoagula die Ursache), so kann man ohne Beschwerden mit einer kleineren Spritze etwas Masse nachinjiciren.

Die Präparanten sind mit den Erfolgen dieser Injectionsmethode sehr zufrieden; freilich müssen sie sich hüten, im Anfange der Arbeit grössere Gefässe zu verletzen. Allein sie lernen sehr bald durch zeitige Unterbindung der betreffenden Aeste sich zu helfen und freuen sich, wenn sie die bezüglichen Anastomosen am Präparat sehen können, von denen sonst nur die Lehrbücher melden.

Den 8./20. Mai 1880.

---

[1] Als ein sicheres Zeichen der gelungenen, d. h. ausreichenden Injection ist das Auftreten weisser Flecken in der Haut anzusehen. An der oberen Extremität treten die Flecken leicht auf, an der unteren schwer.

Zur Kenntniss des inneren Gehörorgans der Wirbelthiere.

Von

Prof. Gustav Retzius
in Stockholm.

Da das grössere Werk über das Gehörorgan der Wirbelthiere, mit dem ich seit mehreren Jahren beschäftigt gewesen, aller Wahrscheinlichkeit nach wegen der immer langsamen Gravirung der vielen Tafeln nicht in der nächsten Zeit erscheinen kann, finde ich es nöthig, eine kurze Mittheilung über einige Ergebnisse meiner Forschungen vorauszuschicken. Das Ziel dieser Untersuchungen war vor Allem im Anschluss an die Arbeiten von Breschet, Ibsen, Deiters und Hasse die morphologische Entwickelung des Gehörlabyrinthes der Wirbelthiere so vollständig als mir möglich war, darzulegen und dabei auch vielleicht neue Beiträge zur Kenntniss der Phylogenese der Wirbelthiere im Ganzen zu gewinnen. Auf diese allgemeinen Fragen werde ich jetzt nicht eingehen, sondern ich beschränke mich hier auf einige specielle Gegenstände.

Vor einigen Jahren[1] fand ich in dem Gehörlabyrinth der Knochenfische eine vorher nicht beachtete, aus zwei kleinen Platten bestehende Nervenendstelle, welche im Utriculus nahe an dessen Verbindungsgang zum Sacculus lag; zu dieser Endstelle gingen vom Ramus cochlearis zwei kleine Nervenzweige ab. Ich glaubte in dieser Bildung die erste Spur der „Pars basilaris cochleae“ zu finden und führte sie bis auf Weiteres unter diesem Namen auf; die Nervenzweige nannte ich in Uebereinstimmung damit den Ramus partis basilaris cochleae. Hasse,[2] welcher das Vorhandensein der

[1] Gustav Retzius, *Anatomische Untersuchungen.* Erste Lieferung. Stockholm 1872.

[2] C. Hasse, Die vergleichende Morphologie und Histologie des häutigen Gehörorganes der Wirbelthiere. Supplem. zu Hasse's *Anatom. Studien.* Bd. I. Leipzig 1873.

fraglichen Bildung bei den Knochenfischen bestätigte, war indessen nicht geneigt, sich meiner Deutung anzuschliessen, theils wegen des Mangels an einem Otolithen auf der Nervenendstelle, theils wegen des gänzlichen Fehlens derselben bei den Plagiostomen, „um so mehr, weil wir finden werden, dass, wenn einmal ein Theil mit einer Macula oder Crista acustica mit Nervenendapparaten des Hörnerven differenzirt ist, dieser nicht verschwindet, sondern, namentlich wenn er der Schnecke angehört, in der Wirbelthierreihe sich immer mehr entwickelt". Hasse hält es dagegen für möglich, dass wir es hier mit einem Reste des im Bereiche der Vestibularsäckchen der Neunaugen so ungemein ausgedehnten Flimmerepithels, des letzten Restes einer bei den Wirbellosen so ausgedehnten Bildung, zu thun haben.

Da ich nun bei meiner folgenden Untersuchung des Gehörlabyrinthes der Plagiastomen[1] fand, dass auch bei ihnen die fragliche Nervenendstelle mit dem angehörigen Nerven vorhanden ist, suchte ich meine eben besprochene Ansicht von der Bedeutung dieser Gebilde bis auf Weiteres aufrecht zu halten. Ich äusserte aber dabei: „Dass diese meine Annahme schon vollständig bewiesen ist, will ich hier eben so wenig, wie in meiner vorigen Arbeit behaupten; ich will nur hervorheben, dass sie die einzige natürliche Erklärung des Organes ist, welche bisher gegeben ist, und dass eben dessen Vorhandensein bei den Plagiostomen und besonders seine Lage hier an der Wand des Sacculus meine Annahme bedeutend zu verstärken scheinen." Ich versprach bei derselben Gelegenheit, mir die Aufgabe zu stellen, dies Endorgan in der Vertebralreihe hinauf zu verfolgen und somit die morphologische Bedeutung desselben zu eruiren.

Dieser Frage habe ich nun bei den vorliegenden Untersuchungen eine besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Was zuerst die Fische betrifft, fand sich, unter den zahlreichen Knochenfischen, die ich untersuchte, die Nervenendstelle bei den meisten, nicht aber bei allen. Unter den Ganoiden fand ich sie bei Acipenser und Lepidosteus. Alle von mir studirten Elasmobranchier waren auch mit diesem Endorgan und seinem Nerven versehen. Unter den Dipnoi hatte sie der Protopterus annectens. Bei der Untersuchung der Amphibien fand ich das fragliche Organ, in ungefähr derselben Entwickelung wie bei den Fischen, bei dem niedrig stehenden Proteus, dann bei den übrigen Urodelen (Triton, Salamandra, Pleurodeles, Siredon, Menopoma u. s. w.); ferner bei den Anuren (Bufo, Pelobates, Alytes, Rana u. s. w.). Es ging nämlich hierbei deutlich hervor, dass die bei den Amphibien von Deiters und später von Hasse unter dem Namen „Anfangstheil der Schnecke" beschriebene verhältnissmässig stark entwickelte Nervenendstelle dem fraglichen Gebilde homolog ist. Als

[1] *Dies Archiv.* Jahrg. 1878. S. 83 ff.



ich dann zu den Reptilien überging, fand ich die Nervenendstelle wieder und dies sogar bei allen den von mir untersuchten. So unter den Cheloniern bei Trionyx, Chelodina, Chelydra, Emys. Unter den Ophidiern bei Crotalus, Vipera, Python u. s. w. Unter den Sauriern bei Chamäleon, Phrynosoma, Pseudopus, Acontias, Iguana, Lacerta, Psammosaurus, Egernia und anderen. Und endlich fand sich das Organ noch unter den Crocodilina bei dem von mir untersuchten Alligator. Bei allen Reptilien zeigte sich aber diese Nervenendstelle, statt vergrössert, eher klein, verkümmert, sogar geringer entwickelt als bei den Amphibien. Schon bei der genaueren Untersuchung dieser letzteren wurde es klar, dass das Endorgan nicht der Pars basilaris entspricht, und somit fällt meine frühere Annahme weg. Nun wäre es aber möglich, dass Hasse's Auffassung des fraglichen Organs der Amphibien als „Anfangstheil der Schnecke" richtig ist. Kuhn, welcher auch das Vorhandensein des Gebildes bei den Knochenfischen bestätigt[1] und später auch die Homologie desselben mit dem Hasse'schen „Anfangstheil der Schnecke" der Amphibien eingesehen hat, führt sie in seiner neulich erschienenen letzteren Abhandlung (*Ueber das häutige Labyrinth der Amphibien*)[2] unter demselben Namen, „Pars initialis cochleae", auf, während er meine Benennung, Pars basilaris cochleae, für das entsprechende Organ der Knochenfische behält. Dass hier etwas Zweideutiges oder gar Unrichtiges vorliegt, geht offenbar hervor. Bei den Reptilien erhält man nun eine beinahe hinreichende Erklärung der vorliegenden Frage. Schon bei den Fischen findet man, dass der Nervenzweig der fraglichen Nervenendstelle fast immer von dem Ramulus ampullae frontalis sich abzweigt. Bei den Amphibien findet dasselbe Verhältniss statt. Bei den Reptilien ist dies noch stärker ausgedrückt, indem die Abzweigungsstelle des Nervenzweiges sich der frontalen Ampulle immer mehr nähert. Bei den höchsten Reptilien also, den Crocodilinen, sehen wir diesen Zweig nahe am peripherischen hinteren Ende des Ramulus ampullae frontalis in der Nähe der Ampullae abgehen; bei diesen Thieren, wo die Cochlea eine so hohe Entwickelung erworben, hat die betreffende Nervenendstelle sich ihr nicht nur nicht genähert, ist noch weniger in sie aufgegangen, sondern hat sich immer mehr von ihr entfernt. Schon hierdurch wird die Deutung desselben als eines Schneckentheiles fast widerlegt. Noch mehr aber durch die eigentliche Lage der Nervenendstelle. Bei den Fischen finden wir dies Organ gewöhnlich hinten am Boden des Utriculus in der Nähe des Canalis communicans s. utriculosaccularis; bei einigen Fischen, u. A. den Elasmobranchiern, liegt die End-

[1] Kuhn, *Archiv f. mikroskopische Anatomie.* Herausg. von v. la Valette St. George u. Waldeyer. 1878. Bd. XIV.

[2] Kuhn, *Archiv f. mikroskopische Anatomie* u. s. w. 1880. Bd. XVII.

stelle an der Wand dieses Kanals, sogar am saccularen Ende desselben, so dass sie zuweilen dem Sacculus anzugehören scheint. Bei den Amphibien liegt sie, wie in letzterem Falle, entweder an der Wand des erwähnten Kanals oder nahe an demselben in einer besonderen Ausstülpung des Sacculus unweit der sicher cochlearen Theile.

Bei den Reptilien nun finden wir die fragliche Nervenendstelle nicht mehr an der Sacculuswand, noch an der Wand des Canalis (Foramen) utriculo-saccularis; bei allen liegt sie am Boden der Utriculuswand, bei den niedrigeren nicht besonders weit von dem erwähnten Kanalloche, bei den höheren dagegen eine ziemlich lange Strecke nach hinten von ihm gerückt. Wir haben es also hier mit einer dem Utriculus angehörigen Bildung zu thun.

Wie gestalten sich nun die Verhältnisse bei den höchsten Wirbelthieren? Meine Untersuchungen an ihnen sind zwar nicht abgeschlossen; so viel kann ich aber schon jetzt sagen, dass bei den Vögeln das betreffende Endorgan immer mehr reducirt wird, so dass es bei dem Huhn nur als eine sehr kleine Stelle mit wenigen Nervenfasern am Boden der Ampulla frontalis, ganz in der Nähe des Septum transversum, sich wiederfindet, also den regressiven Entwickelungsgang der Verhältnisse bei den Reptilien fortsetzend. Bei den bisher von mir untersuchten Säugethieren (Kaninchen, Katze, Hund) konnte ich nunmehr keine Spur weder des Nervenzweiges noch der Nervenendstelle auffinden. Diesem Gegenstande werde ich indessen bei Gelegenheit ausgedehntere Studien widmen; von besonderem Interesse wird es, die Frage bei den Monotremen zu erforschen.

Im Ganzen geht nun aus Obigem hervor, dass die fragliche Nervenendstelle weder, wie ich selbst für die Fische zuerst angenommen habe, die Pars basilaris cochleae bildet, noch, wie Hasse u. A. für die Amphibien meinten, einen „Anfangstheil der Schnecke“ (Pars initialis cochleae) darstellt. Wir haben es hier hingegen mit einer ganz besonderen Bildung, einem eigenen und in der That sehr eigenthümlichen Endorgan zu thun, welches zuerst bei den Fischen auftretend bei den Amphibien, besonders den Anuren, seine höchste Entwickelung erfährt, bei den Reptilien wieder verkümmert, um bei den Vögeln und Säugethieren immer mehr zu verschwinden, gewissermassen in die Crista acustica der frontalen Ampulle, aus welcher sie möglicher Weise von Anfang an durch Abtrennung entstanden ist, zuletzt aufgehend. Die bisherigen Namen dieser Nervenendstelle, sowohl Pars basilaris cochleae als Pars initialis cochleae, müssen also aufgegeben werden. Es ist nicht eben leicht, für sie einen guten neuen Namen zu finden. „Macula acustica utriculi posterior“ würde für die meisten Fälle richtig sein, nicht aber für alle. Ich habe deswegen einen indifferenten Namen gewählt, und nenne nunmehr diese Endstelle „Macula acustica neglecta“, als Erinnerung des Uebersehens, welches ihr so lange Zeit zu Theil wurde.

Der ihr angehörige Nervenzweig möchte in Uebereinstimmung damit Ramulus neglectus heissen.

Wie steht es dann mit der morphologischen Entwickelung des wichtigsten Gehörtheiles, der wirklichen Pars basilaris cochleae? Nachdem sich das oben besprochene Gebilde ihr nicht entsprechend erwiesen hat, zeigt es sich, dass wir bei den Fischen keine Pars basilaris, nur die Lagena cochleae mit ihrer Nervenendstelle haben. Erst bei den Amphibien treten die ersten Spuren einer wirklichen Pars basilaris auf. Bei den Anuren kannte man sie, besonders seit Hasse's ausgezeichneter Arbeit über das Gehörorgan der Frösche, ganz gut. Bei den Urodelen war sie aber noch nicht beschrieben.

Bei meinen Untersuchungen in dieser Richtung, welche im Frühlinge 1879 ausgeführt wurden, fand ich, dass eben bei diesen Thieren eine wahre Pars basilaris auftritt, indem es den niedrigst stehenden noch nicht zukommt, bei den höheren aber vorhanden ist; diese Ansicht wurde durch die Untersuchung der Verhältnisse bei den Reptilien bestätigt. Nun finde ich, dass Kuhn in seiner neulich erschienenen Abhandlung[1] über das häutige Labyrinth der Amphibien in dieser Hinsicht zu gleichen Resultaten gekommen ist. Der Wichtigkeit des Gegenstandes wegen ist es mir sehr angenehm, seiner Beschreibung im Ganzen beistimmen zu können. Bei Proteus und Siren findet sich also noch gar keine abgetrennte Pars basilaris cochleae, und kein Ramulus basilaris. Bei den übrigen Urodelen — ich habe Menopoma, Menobranchus, Siredon, Triton, Pleurodeles, Salamandra untersucht — ist eine kleine solche Endstelle am oberen Ende der Lagena, in der Nähe des Foramen sacculo-cochleare (Canalis reuniens), aufgetreten; zu ihr geht ein von dem Ramulus lagenae abgetrennter kleiner Nervenzweig. Bei den Anuren trennt sich nun die Pars basilaris von der Lagena noch mehr ab und erhält die Membrana basilaris mit dem Knorpelrahmen. Bei den meisten Reptilien bleibt sie ungefähr in der bei den Anuren gefundenen Entwickelung, aber mit der Papilla lagenae in einer gemeinsamen Aussackung belegen; bei den höchsten Reptilien wächst sie und ihr Nervenzweig im Verhältniss zu der Papilla und dem Ramulus lagenae immer mehr in die Länge, so dass sie bei den Crocodilinen beinahe die Entwickelung erfahren hat, welche ihr bei den Vögeln und den niedrigsten Wirbelthieren eigen ist, um endlich bei den höheren Wirbelthieren die spiralig gewundene, im Ductus cochlearis belegene merkwürdige Pars basilaris mit dem Cortischen Organe zu werden.

Im Zusammenhange mit den nun berührten Fragen werde ich noch eines Gegenstandes gedenken, welcher meiner Ansicht nach bis jetzt eine zu geringe Aufmerksamkeit erworben hat: ich meine die Verzweigungs-

---

[1] Kuhn, *Archiv f. mikrosk. Anatomie.* 1880. Bd. XVII, 4. Heft.

weise des Nervus acusticus in den verschiedenen Klassen der Wirbelthiere. Schon bei den Cyclostomen tritt eine Theilung des Gehörnerven in zwei Hauptäste ein, nämlich einen vorderen und einen hinteren, welche sich dann in verschiedener Weise in feinere Zweige theilen. Zwischen diesen Thieren und den Ganoiden fehlen uns nun leider in der jetzigen Thierwelt viele und sehr wichtige Glieder. Bei den Ganoiden und den Teleostiern finden wir dann ein ganz bestimmt durchgeführtes Princip in der Verzweigung des Acusticus. Es theilt sich der Nerv ebenfalls in zwei Hauptäste, von welchen der vordere, Ramus anterior (s. R. vestibularis aut.) die vordere Partie des Labyrinthes, nämlich den Recessus utriculi sowie die sagittale und die horizontale Ampulle mit Zweigen für ihre drei Nervenendstellen (Macula ac. recessus utriculi, Crista ac. ampullae sagittalis und Crista ac. ampullae horisontalis) versieht; der hintere Ast, Ramus posterior (s. R. cochlearis aut.), versorgt dagegen die mittleren und hinteren Partien, nämlich Sacculus mit Lagena, die frontale Ampulle und den hinteren Theil des Utriculus (Macula ac. sacculi, Papilla ac. lagenae cochleae, Macula ac. neglecta und Crista ac. ampullae frontalis). Der vordere Ast theilt sich also in drei Zweige, Ramulus recessus utriculi, Ramulus ampullae sagittalis und Ramulus ampullae horisontalis; der hintere theilt sich in vier (resp. drei) Zweige, Ramulus sacculi, Ramulus lagenae, Ramulus ampullae frontalis und Ramulus neglectus, welcher letzterer jedoch aus zwei Zweigchen besteht, übrigens aber nicht ganz constant ist. Hier sei nun bemerkt, dass der für den Recessus utriculi sowie der für den Sacculus bestimmte Zweig im Allgemeinen nicht gesammelt, sondern mit mehreren gesonderten kleinen Zweigchen aus je ihrem Hauptaste austreten; der Uebersichtlichkeit halber werden sie jedoch als je einen Zweig betrachtet, was auch morphologisch richtig ist. Bei den Dipnoi und den Elasmobranchiern geschieht nun die Verzweigung des Acusticus in ganz derselben Weise.

Bei den niedrigsten Amphibien, bei dem Proteus, finden wir ganz dieselben Verhältnisse wieder; nur möchte bemerkt werden, dass der Ramulus sacculi gewöhnlich mit zwei Zweigchen austritt, einem vorderen und einem hinteren, welcher letztere erst in der Nähe des Abgehens der übrigen Zweige des hinteren Astes sich abtrennt. Bei den höheren Urodelen sowie bei den Anuren ist die Verzweigung übrigens übereinstimmend; hier kommt aber am hinteren Aste noch ein Zweig hinzu, indem die nunmehr entstandene Pars basilaris cochleae einen besonderen kleinen, vom Ramulus lagenae abgetrennten Zweig, Ramulus basilaris, erhalten hat. Von diesen Thieren an haben wir also drei Zweige des vorderen und fünf Zweige des hinteren Astes, im Ganzen also acht Zweige und in Uebereinstimmung damit acht Nervenendstellen.

Wenden wir uns jetzt zu den Reptilien, so finden wir ganz dieselbe Verzweigung des Acusticus; nur ist bei vielen in Uebereinstimmung mit der Verschiebung des Sacculus und der Cochlea eine gewisse Verschiebung der betreffenden Nervenzweige geschehen. Bei den höheren Reptilien tritt eine immer bedeutendere Vergrösserung der cochlearen Zweige, besonders des Ramulus basilaris ein, sodass bei den Crocodilinen dieser Zweig der beträchtlichste von allen ist; bei diesen letzterwähnten Thieren besteht ausserdem der Ramulus sacculi aus zwei getrennnten Zweigchen.

Bei den Vögeln treffen wir dann ganz dieselben Verhältnisse, nur mit dem Unterschiede, dass, wie oben erwähnt wurde, der schon bei den Reptilien verkleinerte Ramulus neglectus immer mehr reducirt wird.

Bei den Säugethieren endlich finden wir nun eine Verzweigungsweise des Acusticus, welche mit derjenigen der übrigen Wirbelthiere fast vollständig übereinstimmt. Bei den Nagethieren und den Carnivoren kann man also eine Theilung desselben in zwei Hauptäste unterscheiden; der vordere Ast versieht den Recessus utriculi und die beiden vorderen Ampullen, Ampulla sagittalis und Ampulla horizontalis; der hintere Ast versieht den Sacculus, die Cochlea und die hintere, frontale Ampulle.

So auch beim Menschen. In dieser Beziehung finde ich aber in fast allen descriptiven Anatomien, sogar in den besten Lehrbüchern, eine mehr oder weniger unrichtige, oft auch eine zweideutige und unsichere Darstellung. Ich werde unter den vielen Arbeiten nur einige neuere und grössere hier anführen. So z. B. sagt Henle:[1] Der N. acusticus „theilt sich im Grunde des inneren Gehörganges zunächst in zwei Hauptäste, von denen der vordere, N. cochleae, der Schnecke und ihrem Vestibularanhang, der hintere, N. vestibuli, dem Vestibulum und den Ampullen der Bogengänge Aeste sendet.“[2] Nach Hyrtl[3] theilt sich der Gehörnerv in den Nervus vestibuli und Nervus cochleae, von denen der Nervus vestibuli in der Wand der häutigen Säckchen und in jener der drei Ampullen sich verliert; der Nervus cochleae versieht die Cochlea mit Nervenfasern. An einer anderen Stelle desselben Buches sagt Hyrtl, dass der Nervus cochleae noch einen Nervus sacculi hemisphaerici für das runde Säckchen abgiebt;

---

[1] J. Henle, *Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen.* Bd. II. 1866. S. 770.

[2] Henle erwähnt dann auch einen vom N. cochleae abgehenden „feinen Ast, der in den Recessus cochlearis zum vestibularen Ende des Duct. cochlearis und durch die Macula cribrosa quarta zur Scheidewand der beiden im Vestibulum enthaltenen Säckchen verläuft“. Reichert u. A. hatten schon früher dies Zweigchen beschrieben. Da ich in demselben das Homologon des Ramulus neglectus zu finden glaubte, habe ich ihm nachgespürt, bis jetzt aber vergeblich.

[3] J. Hyrtl, *Lehrbuch der Anatomie des Menschen.* 8. Aufl. 1863. S. 577 u. 820.

sowie dass der Nervus vestibuli in vier Aeste zerfällt, von welchen der stärkste zum Sacculus ellipticus, die drei übrigen zu den Ampullen der drei Canales semicirculares gelangen. Luschka[1] lässt den Acusticus ebenfalls in zwei Hauptäste sich theilen; der erste, Ramus vestibularis, zerfällt in drei Zweige, „von welchen der dünnste ausschliesslich zur Ampulle des hinteren Bogenganges, der obere zum elliptischen Säckchen sowie zur Ampulle des vorderen und des äusseren Bogenganges, der mittlere zum runden Säckchen vordringt. Der Ramus cochlearis scheidet sich in einen kleineren Zweig für die Lamina spiralis des freien Theiles der ersten Windung und für den Vorhofblindsack des Schneckenkanales, sowie in einen starken cylindrischen Stamm," welcher durch die Poren der Spindelbasis eindringt und die übrigen Theile der Lamina spiralis mit Nervenfasern versorgt. W. Krause[2] lässt gleichfalls den Gehörnerv in zwei Aeste sich theilen, von welchen der kleinere, nach hinten und oben liegende N. vestibuli einen N. ampullaris inferior für die Ampulla inferior (frontalis) und dann drei kurze Zweige abgiebt, nämlich einen N. saccularis major für den Sacculus ellipticus, sowie die beiden N. ampullares superior und lateralis für die Ampulla superior (sagittalis) und A. lateralis (horisontalis); der dickere, vordere, untere Ast, N. cochleae, giebt zuerst den N. saccularis minor für den Sacculus rotundus ab und geht dann zur Schnecke, um in die Lamina spiralis sich zu verzweigen. In Quain's *Anatomy*[3] findet sich die Angabe, dass der eine der beiden Hauptäste des Acusticus, Nervus vestibularis, sich in fünf Zweige theilt, welche zu dem Utriculus, dem Sacculus und den drei Ampullen gehen; der zweite Hauptast, Nervus cochlearis, geht ausschliesslich zur Cochlea selbst. In dieser letzteren Weise lautet auch die Beschreibung Turner's.[4] Aus diesen beispielsweise gegebenen Anführungen geht also hervor, dass man zwar allgemein eine Theilung des Acusticus in zwei Hauptäste, Ramus vestibularis und Ramus cochlearis erkennt, das weitere Verhalten dieser Aeste aber in verschiedener Weise auffasst. Die einen lassen den Ramus vestibularis vier Zweige haben, welche den Recessus utriculi (Saccus hemiellipticus) und drei Ampullen mit je einem Nerven versehen, den Ramus cochlearis aber (abgesehen von dem noch dubiösen Reichert-Henle'schen feinen Zweigchen) zwei Zweige, welche den Sacculus (Saccus hemisphaericus) und die Cochlea mit Nerven versorgen. Die anderen Forscher aber lassen den Ramus cochlearis nur die Cochlea versehen und den Ramus vesti-

---

[1] H. v. Luschka, *Die Anatomie des Menschen.* 1875. Bd. III, 2. Abthlg., S. 475.

[2] W. Krause, *Handbuch der menschlichen Anatomie.* 1879. Bd. II, S. 856 u. 857.

[3] Quain's *Anatomy.* 1867. Seventh edition, edited by Sharpey, Thomson and Cleland. Part. III, S. 758 ff.

[4] W. Turner, *An introduction to human Anatomy including the Anatomy of the tissues.* Edinburgh 1877. S. 373.

bularis sich in fünf Zweige theilen, welche zu dem Sacculus, dem Recessus utriculi und den drei Ampullen gelangen. Weder die eine noch die andere dieser Darstellungen ist aber richtig. Der Mensch verhält sich in dieser Hinsicht wie die übrigen Säugethiere und im Allgemeinen die Wirbelthiere, von den Ganoiden aufwärts. Der bei den Wirbelthieren von den Fischen bis zu den niedrigeren Säugethieren vordere der beiden Hauptäste des Acusticus (Ramus anterior s. vestibularis), welcher indessen bei den höheren Säugethieren durch Verschiebung und Drehung des Gehörorgans mehr nach hinten zu liegen kommt, theilt sich in der That nur in drei Zweige, welche den Recessus utriculi, die Ampulla sagittalis und die Ampulla horisontalis versehen; der hintere Ast (Ramus posterior s. cochlearis), welcher bei den höheren Säugethieren mehr nach vorne liegt, theilt sich in drei Zweige, welche zu der frontalen Ampulle, dem Sacculus und der Cochlea gehen.

Es findet also eine sehr bemerkenswerthe Uebereinstimmung in dem Plane der Verzweigung des Acusticus statt, von den niedrigeren Fischen an bis zum Menschen hinauf. Es fiel mir indessen als sonderbar auf, dass die ausgezeichneten Bearbeiter des Gehörorganes diese Uebereinstimmung nicht hinreichend beachtet und besonders die Verhältnisse beim Menschen und den höheren Säugethieren noch in der letzten Zeit so unrichtig aufgefasst hatten. Es war mir deswegen um so interessanter zu erfahren, dass Breschet schon vor beinahe fünfzig Jahren die fraglichen Verhältnisse ganz zutreffend dargestellt hat. Er sagt[1] nämlich, dass beim Menschen wie bei den übrigen Wirbelthieren der vordere der beiden Hauptäste des Acusticus die beiden vorderen Ampullen mit je einem Zweige und den Utriculus (Sinus medianus) mit Bündelchen versieht, sowie dass der hintere Ast zur hinteren Ampulle einen Zweig und ausserdem Bündel zu dem Sacculus und der Schnecke sendet. Merkwürdiger Weise scheint diese Angabe so geringe Beachtung gefunden zu haben, dass sie in der neueren Literatur nicht angeführt, noch weniger gewürdigt wurde.

Es ist aber diese Frage von der Verzweigungsweise des Acusticus noch von einem anderen Gesichtspunkte aus von besonderem Interesse, nämlich in physiologischer Hinsicht. Da in den letzteren Jahren die Ansicht immer mehr zu gewinnen scheint, dass die Bogengänge und ihre Ampullen sich nicht auf den eigentlichen Gehörapparat beziehen, sondern Organe für die Gleichgewichtsverhältnisse des Körpers darstellen sollen, so liegt es nahe, anzunehmen, dass die die Ampullen versorgenden drei Nerven zusammen und in einem besonderen Aste vom Gehirn ausgehen und auch später verlaufen

[1] G. Breschet, *Etudes anatomiques et physiologiques sur l'organe de l'ouie et sur l'audition dans l'homme et les animaux vertébrés.* Paris 1833. S. 89.

würden. Ein Forscher, Horbaczewski,[1] hat nun in der That in Uebereinstimmung mit älteren Angaben von Flourens, nach welchem der Nerv der Bogengänge „un nerf spécial et propre“ sei, zu constatiren gesucht, „dass der Nervus vestibuli ein vom Nervus acusticus, das heisst vom Nervus cochleae abgesondertes Nervenpaar repräsentire“; nach ihm geht beim Schafe der Nervus cochleae nur zur Cochlea, der Nervus vestibuli nur zum übrigen inneren Ohr. Mit der erwähnten physiologischen Lehre stimmt indessen die oben gegebene Darstellung von der Verzweigungsart des Acusticus nicht ganz überein, indem vom cochlearen Aste auch der Ramulus sacculi und der Ramulus ampullae frontalis ausgehen. Es liegt jedoch hierin kein bestimmter Grund gegen diese Lehre, indem ja Nervenfasern verschiedenen Ursprungs und verschiedener physiologischer Qualität streckenweise zusammen verlaufen können; eine Stütze für diese Lehre bildet aber die Verzweigungsweise des Acusticus gewiss nicht.

---

[1] J. Horbaczewski, Ueber den Nervus vestibuli. *Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch.* Wien. Bd. LXXI, III.—V. Heft. Jahrg. 1875.

Der Nervus depressor beim Menschen, Kaninchen, Hunde, bei der Katze und dem Pferde.

Von

Adolf Finkelstein,
Cand med.

Aus dem anatomischen Institute des Hrn. Prof. Josef von Lenhossék zu Budapest.

(Hierzu Tafel IX.)

Anfangs des vorigen Jahres betraute mich Hr. Prof. Dr. Josef von Lenhossék mit der Bearbeitung vorliegenden Themas. Derselbe liess mir dabei jegliche Unterstützung zu Theil werden, wofür ich hiermit meinem hochgeehrten Lehrer den ergebensten Dank ausdrücke.

Aeussere Umstände hielten die Beendigung der Untersuchungen und Experimente derart auf, dass Hr. A. Kreidmann mir mittlerweile mit der Veröffentlichung einer auf das gleiche Thema sich beziehenden Abhandlung zuvor kam.[1] Das Erscheinen dieser Abhandlung eiferte mich um so mehr zur genauen Untersuchung des Nervus depressor an, als mir der von A. Kreidmann beim Menschen als solcher betrachtete Nerv den Verdacht erweckte, ein Kunstproduct zu sein. Bevor ich die diesbezüglichen Ergebnisse meiner Untersuchungen anführe, erlaube ich mir einige historische Daten anzuführen.

Es war im Jahre 1865 als E. Cyon und Prof. C. Ludwig am Halse des Kaninchens zwischen Sympathicus und Vagus einen frei liegenden Nerven entdeckten, welchen sie wegen seiner Eigenschaft, auf elektrische Reize

[1] A. Kreidmann, Untersuchungen über den Nervus depressor beim Menschen und Hunde. *Dies Archiv.* 1878. S. 405.

den Blutdruck herabzusetzen, Nervus depressor benannten.[1] Dieser Nerv entspringt, wie bekannt, in den meisten Fällen mit zwei verschieden starken Wurzeln, und zwar mit einer stärkeren aus dem centralen Theile des Nervus laryngeus superior und einer schwächeren, welche unterhalb der Austrittsstelle des Nervus laryngeus superior direct aus dem Stamme des Nervus vagus hervorgeht. Zuweilen jedoch — obwohl seltener — geht auch diese schwächere Wurzel aus dem Nervus laryngeus superior hervor. Meist verläuft der so gebildete Nervus depressor bis zum Plexus cardiacus, in dessen Nervenfäden derselbe verschwindet. In selteneren Fällen tritt der Nerv nach kürzerem Verlaufe in den Stamm des Vagus oder Sympathicus ein. Wie bekannt fand E. Bernhardt dieselben Verhältnisse dieses Nerven auch bei der Katze, H. Aubert und G. Roever das Vorkommen eines Nervus depressor beim Stachelschweine und Alix beim Hippopotamus.[2] Dem gegenüber leugnet J. Dreschfeld das Vorhandensein dieses Nerven beim Hunde, so wie auch E. Bernhardt denselben sowohl beim Hunde als auch beim Pferde vergebens gesucht zu haben anführt.[3] Nach diesem untersuchte A. Kreidmann den Nervus depressor beim Menschen sowie auch beim Hunde und Schafe. Beim Schafe fand A. Kreidmann den Nervus depressor in der Regel ganz so wie beim Kaninchen und der Katze; in mehreren Fällen jedoch stiess derselbe auf verschiedene Abweichungen. So ging der Nervus depressor beim Schafe in einem Falle rechts vom centralen Theile des Nervus laryngeus superior und zwar ungefähr 1^{mm} aus dem Stamme des Vagus hervor, verlief auf $7-8^{cm}$ nach unten und schloss sich dann wieder dem Stamme des Vagus an. Dabei fand sich am Vagusstamme, dem Verlaufe jenes Nerven entsprechend, eine ausgesprochene Furche. In einem anderen Falle, ebenfalls beim Schafe, bildete die eine Wurzel einen auf der linken Seite vom centralen Theile des Nervus laryngeus superior entspringenden kurzen, dicken Strang, und erst nachdem die Nervenscheide des Vagusstammes abpräparirt wurde, kam die von diesem Stamme entspringende und in ihn wieder zurückkehrende zweite Nervenwurzel zum Vorscheine. Dasselbe will A. Kreid-

[1] E. Cyon und C. Ludwig, *Die Reflexe eines der sensiblen Nerven des Herzens auf die motorischen Blutgefässe. — Berichte über die Verhandl. der Königl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften.* Leipzig 1865. Bd. XVII, S. 307. — *Centralbl. für die med. Wissensch.* Redigirt von G. Rosenthal und H. Senator. 1867. S. 164.

[2] E. Bernhardt, *Anat. und physiol. Untersuchungen über den N. depressor bei der Katze.* Dorpat 1868. H. Aubert und G. Roever, Ueber den Einfluss des Nerven vagus, laryngeus superior und sympathicus auf Blutdruck und Frequenz. *Centralblatt f. die medic. Wissensch.* 1866. S. 477. — Alix, *Journal de Zoologie.* Paris 1872. Bd. I, S. 179.

[3] J. Dreschfeld, *Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium in Würzburg* von A. v. Bezold. 1867. Heft II. — Bernhardt a. a. O.

mann auch beim Menschen gesehen haben, indem er behauptet, dass nach Abpräpariren der Vagusscheide constant vom centralen Theil des Nervus laryngeus superior ein feiner Nerv entspringe, welcher eine vom Vagusstamme kommende „mikroskopisch feine Wurzel", aufnehme, die wieder nach einem Verlaufe von 2—3^{cm} in den Stamm des Vagus zurückkehre. Dass diese Angabe mit meinen Beobachtungen nicht übereinstimmt, wird in der Folge zu sehen sein. Was jedoch das Verhalten des Nervus depressor beim Hunde betrifft, so stimme ich den Angaben A. Kreidmann's vollständig bei. Beim Hunde nämlich sind der Vagus und der Sympathicus, von den grossen Knoten des letzteren angefangen bis zum 5. Halswirbel herab, von einander isolirt, von hier aus vereinigt und als Vago-Sympathicus bekannt, welcher gemeinschaftliche Stamm von einer stark glänzenden Nervenscheide umschlossen wird. Vergebens gab man sich daher die Mühe, den Nervus depressor ausserhalb dieser Scheide zu suchen, denn jener dünne Nervenfaden, welchen M. Bernhardt für den Nervus depressor hielt, ist nach A. Kreidmann und meinen Untersuchungen seinem mikroskopischen Verhalten nach nichts weiter als ein Bindegewebsstrang. A. Kreidmann aber war der erste, welcher auf die glückliche Idee verfiel, den Nervus depressor beim Hunde innerhalb der Scheide zu suchen, wobei er Folgendes vorfand: Zwischen dem schon beschriebenen, isolirt liegenden Nervus vagus und sympathicus befand sich ein 2—3^{mm} grosser Raum, in welchem der vom Nervus laryngeus superior und vom Stamme des Nervus vagus also mit einer doppelten Wurzel entspringender Nervus depressor sich vorfand, welcher dann nach längerem oder kürzerem Verlaufe in den Stamm des Vagus oder in jenen des Sympathicus zurückkehrte, was stets vor der Vereinigung dieser beiden Nerven stattfand (Fig. 1 und 2).

Nach dem Gesagten lasse ich nun meine anatomischen Untersuchungen an Kaninchen, Katzen, Hunden und Menschen folgen.

Bei allen von mir untersuchten Kaninchen zeigte sich das bekannte Verhältniss; nur in einem Falle fand ich insofern eine Abweichung, dass der Nervus depressor auf der rechten Seite vom Nervus laryngeus superior mit zwei Wurzeln seinen Ursprung nahm, daher die Vaguswurzel fehlte, worauf nach kürzerem Verlaufe derselbe den äusseren Zweig des Nervus laryngeus superior abgab, welcher sonst, wie bekannt, vom Nervus laryngeus superior zu entspringen pflegt. — Prof. C. Ludwig und E. Cyon[1] fanden unter 40 untersuchten Kaninchen blos eine Varietät, die darin bestand, dass der Nervus depressor in der Mitte des Halses sich mit dem Stamme des Vagus vereinigte, aus welchem dann derselbe, durch mehrere hinzutretende Nervenfäden verstärkt, einen kleinen Plexus bildete, um später

[1] Cyon und Ludwig a. a. O. S. 308.

wieder als Einzelnerv seinen bekannten weiteren Verlauf zu nehmen. Diese in der That seltene Varietät fand ich auch einmal bei der Katze; jedoch mit dem Unterschiede, dass die Vereinigung mit dem Vagus und die 1^{cm} lange Geflechtbildung nicht in der Mitte, sondern am unteren Theile des Halses stattfand.

Obwohl die von mir an Hunden gemachten zahlreichen Untersuchungen mich veranlassten, den von A. Kreidmann als Nervus depressor hingestellten Nerven, von anatomischem Gesichtspunkte aus, als solchen anzuerkennen, so schien es mir zur unanfechtbaren Constatirung seiner Natur erforderlich, Experimente anzustellen.

Ich war so glücklich, die bereitwillige Erlaubniss zu den anzustellenden Versuchen sowohl von Hrn. Ludwig v. Thanhoffer, Prof. der Physiologie an dem hiesigen Veterinär-Institute, als auch später von Hern. Koloman von Balogh, Prof. der experimentellen Pathologie an der hiesigen Universität, zu erhalten, wofür ich hiermit diesen meinen hochverehrten Professoren meinen innigsten Dank ausspreche. Alle fünf angestellten experimentellen Untersuchungen ergaben genau jene Resultate, welche Prof. C. Ludwig und E. Cyon bei anderen Thieren erzielten,[1] welche als bekannt ich speciell anzuführen für überflüssig halte, daher ich hier nur in Kürze mein Vorgehen bei diesen Experimenten angebe.

Dem oberen lateralen Theile des Kehlkopfes entsprechend, wurde eine Hautfalte gebildet, welche ich quer durchschnitt. Nachdem ich mit Vermeidung von Verletzung grösserer Venen, zwischen dem Musculus sternocleidomastoideus und Kehlkopf eingedrungen war, suchte ich die in der Tiefe hinter der Carotis communis liegende und mit ihr durch lockeres Bindegewebe verbundene gemeinschaftliche Nervenscheide auf; nach Lostrennung dieser Verbindung hob ich die gemeinschaftliche Nervenscheide aus der Tiefe hervor, wobei sich schon von aussen her 3 Nerven durchscheinend zeigten, und zwar nach innen der grauliche Sympathicus, nach aussen der blendend weisse Vagus und entweder in der Mitte zwischen diesen beiden oder an der innern Seite des Sympathicus, oder aber auch an der äusseren Seite des Vagus der feine blendendweisse Nervus depressor. Nach Längespaltung der Scheide und leichter Isolirung des Nervus depressor war derselbe für jedwede Reizung blosgelegt.

Bezüglich des von A. Kreidmann angeführten Verhalten des Nervus depressor beim Menschen muss ich bemerken, dass dieser Nerv keines-

[1] Cyon und Ludwig a. a. O. — von Bezold, *Untersuchungen über die Herz- und Gefässnerven der Säugethiere.* Eine Reihe von Untersuchungen unter Mitwirkung von Stezinsky, Bewer, Breymann, Dreschfeld, Gscheidlen. — *Centralblatt* 1867. Nr. 2.



wegs als constant hingestellt werden kann. A. Kreidmann suchte nämlich den Nervus depressor in derselben typischen Form, wie er denselben bei den von ihm untersuchten Hunden fand, auch beim Menschen; die Form gleicht nämlich beim Hunde jener eines Y, indem zwei divergirende kurze Wurzeln zur Bildung des Stämmchens zusammentreten. A. Kreidmann behauptet nun, dass diese Form auch beim Menschen constant vorkomme, wobei sich dieser angeblich so gebildete Nervus depressor durch die Nervenscheide hindurch durch feine hellere Farbe kennzeichne.

Unter fünf Leichen zeigte sich mir dieses Verhalten bloss zweimal: in dem einen Falle, war der von A. Kreidmann als Nervus depressor angesehene Nervenstrang wirklich ein solcher, in dem zweiten Falle jedoch ergab sich, dass der vermeintliche Nervus depressor unter dem Mikroskope kein Nerv, sondern ein einfacher Bindegewebsstrang war. Aber auch in dem ersten Falle bin ich der Ueberzeugung, dass der von A. Kreidmann angegebene Nervenstrang als Kunstproduct zu betrachten sei. Nicht nur die unter der Nervenscheide liegenden Nervenfäden, sondern auch die in der Scheide selbst verlaufenden Bindegewebsstränge täuschen nämlich durch ihr nervenähnliches Aussehen und können so als vermeintliche Nervenfäden aus der Scheide herauspräparirt werden; ausserdem befinden sich gerade an jener Stelle, wo nach Kreidmann dieser von einer „mikroskopischen Feinheit“ sein sollende Nerv liegen soll, sehr zarte Nervenfaserstränge, welche sehr locker mit einander verbunden sind und die bei der Präparirung sich sehr leicht künstlich zu einem Nervenbündel gruppiren. Meinen Untersuchungen zufolge finde ich mich veranlasst, denjenigen beim Menschen constant vorkommenden Nerven in der Regel als Nervus depressor zu bezeichnen, welcher dem Ramus cardiacus nervi laryngei entspricht und welcher wie bekannt vom Ramus externus nervi laryngei superioris entspringt und entweder isolirt verläuft (Fig. 3) oder aber mit dem vom oberen Halsknoten des Sympathicus entspringenden Cardiacus longus verschmilzt (Fig. 8). Zur Bestätigung des Angeführten können nicht die anatomischen Verhältnisse des Hundes dienen, sondern jene des Kaninchens, indem beim Hunde ein vereinigter Vago-Sympathicus vorkommt, während beim Kaninchen der Vagus und Sympathicus isolirt verlaufen, somit der Nervus depressor mit der erwähnten Form beim Menschen die grösste Aehnlichkeit hat (Fig. 4).

In Betreff des Nervus depressor ergiebt sich nämlich bei den untersuchten Thieren Folgendes: Gleichviel ob dieser Nerv mit einer einfachen Wurzel aus dem Nervus laryngeus superior entspringt, oder ob er aus der Verschmelzung von zwei Wurzeln hervorgeht, deren dickere immer der Nervus laryngeus superior abgiebt, während die dünnere aus dem

Vagusstamme selbst sich entwickelt — in beiden Fällen entspricht er immer dem Ramus cardiacus nervi laryngei superioris. Es ist daher viel einfacher und natürlicher den Ramus cardiacus nervi laryngei superioris beim Menschen als Nervus depressor zu bezeichnen, weil erstens derselbe nichts anderes als der bei den Thieren vorkommende Nervus depressor selbst ist, und zweitens, weil neben diesem Nervus depressor ein Ramus cardiacus nervi laryngei superioris nicht vorkommt.

M. Bernhardt ist der erste, der beim Pferde des N. depressor erwähnt und behauptet, dass derselbe als eine zweite Wurzel des Nervus laryngeus superior vom Vagus entspringe, alsdann aber in dessen Stamm wieder zurückkehre; hingegen bemerkt A. Kreidmann, dass M. Bernhardt die von Prof. C. Ludwig und E. Cyon beschriebene Varietät vor Augen gehabt haben müsse, indem er den Nervus depressor aus einem Geflechte heraustreten lässt.[1] Meine Untersuchungen beim Pferde haben ergeben, dass sich aus dem Stamme des Nervus vagus ein starkes Nervengeflecht hervorbilde, aus welchem sich der Nervus laryngeus superior entwickelt. Zweimal von vier Fällen nahm jedoch beim Perde der Nervus laryngeus superior seinen Ursprung nicht aus dem erwähnten Geflechte, sondern direct aus dem Stamme des Vagus selbst; ein Umstand, der mir ermöglichte, das Verhalten des Nervus depressor genauer zu eruiren. Ich fand nämlich ebenfalls wie M. Bernhardt den Nervus depressor aus zwei Wurzeln hervorgehend, deren eine aus dem Vagusstamme und die andere aus dem Nervus laryngeus superior entsprang; nach kurzem Verlaufe vereinigten sich beide wieder und der so gebildete Nervus depressor verlief eine kurze Strecke als selbständiger Nerv zwischen Vagus und Sympathicus, hierbei kam derselbe dem Vagusstamme näher zu liegen und verlor sich in demselben (Fig. 5). — Entpringt der Nervus laryngeus superior beim Pferde nicht aus dem Vagusstamme, sondern geht derselbe direct aus dem erwähnten Geflechte hervor, so ist das nähere Verhalten des Ursprunges des Nervus depressor mit Bestimmtheit nicht zu eruiren, daher auch M. Bernhardt's Angabe, dass „der Nervus depressor aus einem Geflechte hervorgehe," ganz richtig ist, aber keinen näheren Aufschluss giebt.

Anhangsweise führe ich noch einige Varietäten an, welche nicht nur auf den von mir beim Menschen hingestellten Nervus depressor, sondern auch auf den Nervus laryngeus superior sich beziehen.

So fand ich in einem Falle beim Menschen zwischen dem Vagusstamme und dem Nervus laryngeus superior ein sehr schönes Nervengeflecht, welches eine Breite von 1 mm und eine Länge von 2·5 mm hatte. Die das Geflecht bildenden starken Nervenfäden gingen theils aus der innern

[1] Cyon und Ludwig a. a. O.

Seite des Vagus, theils aus der Aussenseite des Nervus laryngeus superior hervor; ferner war der Vagusstamm mit dem Ramus internus des Nervus laryngeus superior durch einen Querast in Verbindung, zu welchem ein aus der Mitte des Nervus vagus entspringender Nerv sich gesellte, der, bevor er die Verbindung mit dem letzteren einging, sich in zwei feine Zweige theilte. Aus dem queren Verbindungsaste gingen ferner zwei feine Zweige hervor, welche nach Aufnahme eines Astes vom Nervus laryngeus superior und eines zweiten vom Vagus sich zu einem stärkeren Nervenfaden vereinigten. Von dieser letzteren Vereinigungsstelle entstammte wieder ein feiner Nervenfaden, welcher mit einem aus dem Nervus laryngeus superior hervorgehenden Aste sich verband und wieder zum Ramus externus des Nervus laryngeus superior zurückkehrte. Ausserdem verlief neben dem oben erwähnten Geflechte noch ein vom Vagus stammender Ramus cardiacus, welcher sonst in der Regel vom Nervus laryngeus superior entspringt. In diesem Falle also entstand der Ramus internus gesondert aus dem Vagusstamme, der Ramus externus aber aus dem beschriebenen Geflechte und der Ramus cardiacus laryngei als Nervus depressor aus dem Vagusstamme selbst (Fig. 6).

In einem zweiten Falle beim Pferde fand ich an der Innenseite des Nervus vagus ein vorzüglich schönes Nervengeflecht, welches auf einer Tafel ausgebreitet eine Länge von 3 ^{mm} und eine Breite von 1·5 ^{mm} besass. Die das Geflecht bildenden Zweige entstammten sämmtlich aus dem Vagusstamme selbst, aus welchem wieder mehrere stärkere Aeste heraustraten, welche zur Bildung des Nervus laryngeus superior sich gruppirten (Fig. 7.) — Wir sehen daher eine Analogie zwischen dem ersten Falle beim Menschen, jedoch mit dem Unterschiede, dass aus dem als Seltenheit vorkommenden, früher beschriebenen Geflechte beim Menschen der Ramus externus, beim Pferde aber der Stamm des Nervus laryngeus superior selbst entsprang.

In einem dritten Falle beim Menschen nahm der Ramus externus mit zwei Wurzeln seinen Ursprung; nämlich die eine stärkere entsprang vom Nervus laryngeus superior, die andere aber vom Vagusstamme selbst und zwar unmittelbar unterhalb des Ursprunges des letztgenannten Nerven, zu welchem sich noch der vom oberen Halsknoten des Sympathicus entspringende Verbindungsast gesellte, aus welcher Vereinigungsstelle der Ramus externus des Nervus laryngeus superior in gewöhnlicher Stärke hervorging (Fig. 8). — Wir sehen daher in diesem Falle eine Varietät des Nervus laryngeus superior.

Im vierten Falle beim Menschen entsprang sowohl der äussere als auch der innere Zweig des Nervus laryngeus superior isolirt vom Vagusstamme, was eben nicht zu den Seltenheiten gehört, aber es trat dessen

Ramus externus nicht aus der vorderen Fläche des Vagusstammes, sondern aus dessen Hinterfläche hervor; auch stand der Ramus internus mit dem Vagusstamme mittels eines einen grösseren Durchmesser besitzenden Astes in Verbindung. Ferner entsprang der Ramus cardiacus nervi laryngei (Nervus depressor) nicht vom Ramus externus, sondern vom Ramus internus des Nervus laryngeus superior, aus welchem wieder — und zwar sehr nahe an dessen Ursprung — ein schief verlaufender Verbindungszweig zum Ramus externus des Nervus laryngeus hervorging (Fig. 9).

Im fünften Falle, ebenfalls beim Menschen, entsprang zwar der Nervus laryngeus superior mit zwei starken Wurzeln aus dem Vagusstamme, wobei die äussere Wurzel von der Aussenseite, die innere von der Innenseite dieses Stammes hervorging, um darauf isolirt in der Länge von 1^{cm} und 5^{mm} zu verlaufen — aber von der äusseren Wurzel entsprang ein feiner Nervenzweig, welcher schräg nach unten und innen ziehend sich im Vagusstamme wieder verlor; ferner entsprang von dieser äusseren Wurzel noch der Ramus cardiacus nervi laryngei superioris (Nervus depressor); Fig. 10. Dieser Fall erinnert an einen ähnlichen, von J. Cruveilhier beschriebenen.[1]

[1] J. Cruveilhier, *Traité d'Anatomie descriptive.* Paris, 1862—1868. Tome III, 564.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Hund.		Fig. 6. Mensch.
„ 2. Hund.		„ 7. Pferd.
„ 3. Mensch.		„ 8. Mensch.
„ 4. Kaninchen.		„ 9. Mensch.
„ 5. Pferd.		„ 10. Mensch.

V. Vagus.
L. s. Laryngeus superior.
r. i. Dessen Ramus internus.
H. Hypoglossus.
S. Sympathicus.
c. l. Dessen cardiacus longus.
D. Depressor.

Ueber die Entstehung der Querstreifen auf den Muskeln und den davon abhängigen Erscheinungen.

Von

G. R. Wagener.

(Hierzu Taf. X u. XI.)

Seit langer Zeit ist der Vorstellung in allen Lehrbüchern der Vorzug gegeben, welche jedes Muskelbündel aus einer regelmässigen Folge von anisotropen und isotropen Querplatten zusammensetzt. Die fibrillären Spaltungen, welche sich so häufig zeigen, sah man als Kunstproducte oder als Zerfallserscheinungen der todten Muskelfaser an. Da man kein Mittel kannte, welches das unter dem Mikroskop befindliche frische Muskelbündel als todt oder lebendig bezeichnete, so konnte die von Cohnheim gemachte Beobachtung der sogenannten Muskelfelder, einer schon Stefan u. A. bekannten Erscheinung, an gefrornen noch reizbaren Muskeln wohl gerechtfertigte Anerkennung finden. Jedenfalls wurde die Eintheilung des Muskelbündels in Prismen oder Muskelsäulen auf diese Weise als ein während des Lebens bestehendes Structurverhältniss sichergestellt. Die den Beobachtungen nicht entsprechende Auffassung Cohnheim's wurde von Kölliker berichtigt, indem der Nachweis geliefert wurde, dass die Felder die Querschnitte von Abtheilungen des Primitivbündels sind, welche die ganze Länge desselben durchsetzen. Kölliker nannte diese Abtheilungen Säulen. Andererseits wurde dasselbe mit Prismen bezeichnet.

Die Prismen, welche im Thorax vieler Insecten im getrennten Zustande vorkommen, wurden dagegen als sehr dicke Muskelfibrillen angesehen. Die Angaben, welche ich in Reichert's und du Bois-Reymond's *Archiv* 1863 in der Figurenerklärung machte (Taf. V), wurden nicht beachtet, obgleich mir schien, als ob sich aus ihnen ergeben würde, dass die Thoraxfibrillen aus feineren Fäden zusammengesetzt seien, welche den feinsten Elementen des Primitivbündels entsprechen.

Erst später gelang es mir, durch Maceration diese Prismen in Fibrillen zu zerlegen. (Schultze's *Archiv für mikroskopische Anatomie*, Bd. IX, Taf. 29 *A*, Fig. 21.)

Um dies zu erreichen, wurde ein Bündel solcher Gebilde in ein Uhrglas mit Wasser gelegt, und wurden täglich die Muskeln untersucht. Dieser einfache und so leicht einzurichtende Versuch zeigte nicht sofort Erfolg. Es stellten sich sehr bald Vibrionen in colossaler Menge ein, und nach drei Tagen waren die Prismen sehr schwach lichtbrechend und gequollen. Starke Vergrösserung und schiefe Beleuchtung zeigten zwar deutlich die feine Längsstreifung, aber fibrillärer Zerfall trat nicht ein. Nach vielfachen immer erneuerten Versuchen stellte sich heraus, dass die Höhe der Temperatur berücksichtigt werden muss. Bei recht warmem Sommerwetter gelang nach zwei bis drei Tagen der Versuch stets.

Die so in Fibrillen zerlegten Prismen waren mehr oder weniger durchsichtig geworden und gequollen, die zerfaserten Enden wurden leicht durch unvorsichtige Behandlung verkürzt. Fibrillen und noch unzerlegte Prismen zeigten die bekannte grobe Querstreifung.

Dies Alles anzuführen schien nöthig, um nicht resultatlose Versuche gegen obige Angabe als massgebliche anzusehen.

In neuerer Zeit hat auch Ranvier (*Traité techn. de micr.*, übers. von Wyss und Nicati, p. 470) diese Flügelmuskeln für Säulen erklärt, ohne meine Angaben zu kennen, weder die von 1863, noch die aus Schultze's *Archiv* Bd. IX. Er stützt sich auf weniger beweisende Thatsachen als die, welche in den beiden citirten Angaben enthalten sind.

Wenn man noch zweifeln möchte, dass diese Fäden wirklich Muskelprismen, trotz ihrer mit denselben übereinstimmenden Grösse, sind, so wird man durch das Verhalten der Flügelmuskeln bei Bienen und Hummeln eines Besseren belehrt. Bei diesen Thieren ist es schwer, ein einzelnes Prisma zu isoliren, obgleich man klar die Trennungslinien sieht, und das dicke Primitivbündel mit seinen Tracheen leicht aus dem Thorax herausgenommen werden kann. In diesen Fällen ist dasselbe allerdings ohne Sarcolemm nur von den Tracheen abgegrenzt und aus Prismen zusammengesetzt.

Brauchbare, durch feine Punktirung auf ihrer Oberfläche sich als Fibrillencomplexe darstellende Prismenquerschnitte der Thoraxmuskeln gelang es nicht herzustellen.

Es wurde zu diesen Versuchen Ueberosmiumsäure verwandt. Abgesehen von der Schwärzung und der Schwierigkeit, die Schnitte, wenn auch nur auf eines der Prismen, senkrecht zu führen, zeigte sich die Gerinnung sehr störend, welche das Blut mit seinen zahlreichen Körperchen zu einem Hindernisse für die Beobachtung machte.

Um sich zu überzeugen, dass die Fibrillen auch unter dem Mikroskope bei lebenden Thieren vorhanden sind, muss man lebende durchsichtige Copepoden und Insektenlarven untersuchen. Besonders geeignet erweist sich hiezu die wasserhelle Larve der Corethra.

Die Beobachtung hat auch hier mit mancherlei Schwierigkeiten zu kämpfen. Die nöthige starke Vergrösserung lässt nur einen kleinen Theil des Thieres übersehen. Zugleich ist die Dicke des Thieres für diese Art seiner Betrachtung sehr unbequem. Um bald zu einem Resultate zu kommen, muss man die Larve auf ein nicht hohles Objectglas legen und ein grosses Deckglas verwenden mit viel Wasser. Das Eintreten von Muskelbewegungen, namentlich des grossen platten Kopfmuskels, ist beweisend für das Dasein der Fibrillen im lebenden Körper, da bei der Contraction dieses Muskels sich Säulen und feinste Ficrillen von einander lösen. Ueber die zu beobachtenden Erscheinungen habe ich in Max Schultze's *Archiv* Bd. X, S. 213 u. f. berichtet.

Beiläufig sei erwähnt, dass man, um die Contractionswellen ablaufen zu sehen, nur den Gehirnknoten etwas zu drücken braucht. Er darf jedoch dabei nicht zerstört werden.

Wendet man bei einer in einem hohlgeschliffenen Objectträger gelagerten Corethra starke Vergrösserungen und schiefe Beleuchtung an, so wird man sich, wie ich glaube, leicht davon überzeugen, dass bei genauer oberflächlicher Einstellung sich Längsstreifen auf den Muskelbündeln zeigen, deren Vorhandensein nur durch die Annahme von Fibrillen erklärt werden kann. Die Längsstreifung ist so fein und so gleichmässig ausgeprägt, dass es unmöglich ist, sie auf tieferliegende Säulen oder Prismenabtheilungen zurückzuführen. Die feinen Linien auf den Primitivbündeln zeigen sich auch an den Schwanzmuskeln von Tritonen und Froschlarven.

Untersucht man lebende kleine Taenioiden, Tremataden, Turbellarien bei starken Vergrösserungen, so wird man auch die Muskeln in feinste Fibrillen zertheilt wahrnehmen. Man sieht bei Taenienscolices Muskelzüge, welche unten heraufsteigen, am Boden des Saugnapfes sich radial ausbreiten und so die strahlige Zeichnung der Saugapparate bedingen.

Ranvier giebt S. 483 eine Abbildung eines mehrbäuchigen Muskels einer 25 Tage alten Froschlarve. Die verbindenden Sehnen stellen die Myocommata vor, welche von dicht über einanderliegenden Sehnen der einzelnen Primitivbündel gebildet werden. Es sind somit die Schwanzmuskeln vielbäuchige Muskeln. Bei der Untersuchung der Bündel wird man zuweilen bemerken, dass das ganze Primitivbündel sich über das Myocomma fortsetzt. Bei Anderen hört das Primitivbündel in unregelmässiger Weise auf. Theile desselben ziehen noch in die sonst von Muskelsubstanz leere Sehne hinein.



Diese Verlängerungen sind kürzer oder länger und bilden allmähliche Uebergänge zu der von Ranvier abgebildeten Form. Ich habe schon (*Sitzungsber. der Marburger Naturf. Gesellsch*, 1873, Nr. 4, S. 42) Genaueres über diese Erscheinung mitgetheilt.

Untersucht man dergleichen unregelmässige Enden mit starken Vergrösserungen, so begegnet man öfters einzelnen Fibrillen feinster Art, die sich noch tief in die Sehnensubstanz hinein verfolgen lassen. Die Abbildung eines solchen Falles ist hier beigegeben. Fig. 7.

In neuester Zeit hat Ranvier S. 464 hervorgehoben, dass am lebenden Muskel eine Trennung der Länge nach weit leichter zu ermöglichen ist, als eine Theilung in Discs, eine Beobachtung deren Richtigkeit ich anerkennen muss.

Geht man zur Entscheidung der Frage auf die Genese der Muskelsubstanz zurück, so ist die Präexistenz der Fibrillen ausser Zweifel gesetzt. In einer Abhandlung von mir, die 1869 erschien (*Entwickelung der Muskelfaser*, Marburg), und welche meines Wissens nur von Féderic q berücksichtigt wurde, glaube ich den Nachweis geführt zu haben, dass die Fibrille als solche und zwar ohne Querstreifen erscheint. Diese treten später auf. Stricker hat nachher von den Stammmuskeln (s. *Lehrbuch*, S. 1227) und Engelmann von den Herzmuskeln dasselbe angegeben. Das von mir beobachtete Verfahren, um die Muskeln für das Mikroskop zur Ansicht zu erhalten, ist in der Arbeit nur theilweise mitgetheilt. Ich hole hier das Versäumte nach.

Hat man den dreitägigen frischen Hühnerembryo seiner Amnion entkleidet, dessen Flüssigkeit als Benetzung dient, so braucht man nur einen mässigen Druck auf das Deckglas wirken zu lassen, um bei 300maliger Vergrösserung und schiefer Beleuchtung die in der angeführten Abhandlung geschilderte Erscheinung zu sehen. Es kommen feinste Fäden zum Vorschein, neben einander in einer Reihe liegend auf der Wirbelplatte. Unter Umständen, z. B. wenn die Wirbelplatte der Länge nach reisst, kann man sich von der Existenz einzelner Fäden überzeugen. Ich hatte lange mich bemüht, von dem unverletzten Embryo eine Muskelplatte zur Anschauung zu bekommen. Zufällig stiess ich mit dem Objectiv auf das Präparat, und nun lag das Gesuchte ohne eine Spur von Verletzung vor. Dass diese die ersten Anfänge der quergestreiften Muskeln waren, darüber konnte nach den späteren Entwickelungsstadien kein Zweifel mehr sein. Es konnte nur die Frage entstehen, ob jeder feine Streifen nicht vielleicht durch Intussusception wachsend zu einem Bündel wird, welches später erst in Querplatten sich gliedert. Beide Vermuthungen erwiesen sich durch die weiteren Entwickelungsformen als hinfällig. Zellenwucherungen theilten die in immer grösseren Massen sich einfindenden

Fibrillen in Bündel, welche statt des Sarcolemms von einer Lage von Zellen eingescheidet wurden. Nie sah ich eine einzelne Zelle, immer nur viele Kerne in einer Protoplasmamasse. Allerdings liess bei gehobenem Focus auf dem Rücken des Thieres sich eine Zellenlage wahrnehmen, welche mit ihren zu oberst liegenden Köpfen wie ein Kopfsteinpflaster sich ausnahm. Jede Zelle erschien begrenzt und hatte ihren Kern. Je tiefer der Focus sich senkte, um so mehr verschwanden die Grenzen der Zellen, erst an einzelnen Stellen, dann auf grosse Strecken hin. Kurz vor der Faserlage war jede Grenze, jeder Kern verschwunden, eine Protoplasmamasse nur war vorhanden, die alle feinen Fasern umfing, und jede einzelne Fibrille allseitig umgab.

Da die Technik in der Zurichtung der Embryonen für den mikroskopischen Gebrauch damals noch sehr in der Kindheit sich befand, so wollte es mir nicht glücken, Dauerpräparate herzustellen. Jetzt ist dieser Fehler ausgeglichen. Unter den Präparaten, welche Hr. Dr. Gasser in grosser Zahl der hiesigen anatomischen Sammlung übergeben hat, habe ich mehrere in Canadabalsam mit Carmin oder Hämatoxylin gefärbte Längs- und Querschnitte aufgefunden, welche das von mir geschilderte Verhalten der feinen Fibrillen klar legen, so dass ich sie anderen Sachverständigen zeigen konnte.

Der Längsschnitt muss schief geführt sein zur Medianebene, ungefähr paralell den künftigen Wirbelbögen. Bei schwacher Vergrösserung und und gerader Beleuchtung erinnert das Präparat an eine in der Ferne thätige Regenwolke. — Bei den Querschnitten hat man auf die Stelle zu achten, wo die Muskelplatte, die bekanntlich aus Zellen besteht, mit ihren Zellen nach vorn hin dicht beim Rückenmarke umbiegt. In der Spalte zwischen den beiden Zellenplatten wird man eine dünne Reihe von Punkten wahrnehmen, welche durch die Focaleinstellung sich als Stäbe ausweisen. Ist das Präparat in Glycerin eingelegt, so glückt es zuweilen durch Verschiebung des Deckglases den kurzen Haken der Muskelzellen von dem grösseren, der dem Rücken näher liegenden Zellereihe abzuziehen. Dann erkennt man deutlich, dass die Punkte einzelnen, durch die Behandlung unregelmässig varicös gewordenen Fibrillen angehören.

Bei dieser Gelegenheit sei auch erwähnt, dass der grösste Theil der Muskelbündel erst nach der Geburt in Säulen oder Prismen sich abtheilt. Von vier jungen Hunden einen Satzes wurde einer gleich nach der Geburt getödtet, und Querschnitte der Oberschenkelmuskeln noch warm untersucht.

Die Bündel lagen eng bei einander, alle so ziemlich von gleicher Grösse mit Ausnahme einzelner, deren Durchmesser zwei oder drei Mal den ihrer Nachbarn überragte. An diesen allein nahm man einige Reihen

grober Körnchen wahr, welche sich durch die ganze Länge des Bündels hindurch erstreckten. Sie grenzten Fibrillencomplexe ab von der Grösse der künftigen Säulen. An den kleinen Bündeln bemerkte man nur einzelne Körnchen auf dem Querschnitte.

In Verlauf von 4, 6, 14 Tagen wurden die anderen Hunde getödtet. Grosse und kleine Bündel zeigten eine grössere Dicke derart, dass der Durchmesser der Bündel sich verdoppelt hatte. Die Körnchenreihen hatten diesem Verhältnisse entsprechend sich vermehrt. Der einzige wesentliche Unterschied bestand nur darin, dass auch die dünneren Bündel, welche jetzt den grossen des ersten Tages ungefähr gleich kamen, ebenfalls durch die Körnchenreihen in Säulen abgetheilt waren.

Starke Vergrösserungen zeigten auf in Jodserum untersuchten Präparaten die Körner nicht durchaus kuglich, sondern mit mehreren Eindrücken oder Gruben versehen, ungefähr wie gekochte grüne Erbsen. Es erinnert diese Erscheinung der Körnchen zwischen den Säulen sehr an beginnende Verfettung der Muskeln. Beide Vorgänge würden sich durch die Umstände, und nur sehr schwer durch das Mikroskop unterscheiden lassen.

Aus diesen Vorgängen und den oben mitgetheilten Beobachtungen ergiebt sich, dass zwischen den Säulen oder Prismen sowohl, als auch zwischen den Fibrillen (s. die Entwickelung der Muskelfaser) sich eine Substanz befinden muss, welche jedenfalls von dem embryonalen Protoplasma abstammt. Will man diese interfibrilläre Zwischensubstanz in grossen Mengen sehen, so muss man grössere Nematoden, wie Ascaris megalocephala, suilla u. dgl. untersuchen. Da man hier sehr deutlich Zellenkern und Zelleninhalt ausser den Fibrillen unterscheiden kann, so hat Ant. Schneider den Namen Protoplasma für die interfibrilläre Substanz gebraucht. Hier wird stets der Ausdruck „interfibrilläre Substanz“ vorgezogen, weil mit diesem nichts ausgesagt wird, was von den Eigenschaften der dem Protoplasma so ähnlichen Masse etwas noch nicht bewiesenes behauptet.

Ein anderer Ort, wo man auch sehr deutlich die interfibrilläre Substanz wahrnehmen kann, ist die Basis der Papillarmuskeln im Herzen. Dort kreuzen sich die Bündel, Säulen und Fibrillen in mannigfaltiger Weise. An solchen Stellen sind die Zwischenräume von drei- bis vieleckiger Gestalt mit interfibrillärer Substanz ausgefüllt. Es lassen sich solche Stellen auch für die Präexistenz der Fibrillen als Beweis anführen. Die Art der Verflechtung, wie die Fibrillen sich loslösen und durch die fibrilläre Substanz sich hindurch schieben, und von ihr in der Lage erhalten werden, lässt sich nicht durch Präparation erzeugen.

Was die Muskelsubstanz bei den Infusorien anbelangt, so sind feine Längsstreifen auf den Stielmuskeln der Verticellen schon lange bekannt. Ebenso ist die Scheide von feinkörniger protoplasmaartiger Substanz keinem

neueren Beobachter entgangen. Tödtete ich die Thiere mit Ueberosmiumsäure, so habe ich die Längsstreifung noch deutlich wahrnehmen können. Querstreifen auf den Stielmuskeln liessen sich nicht mit Sicherheit auffinden. Der Schein derselben, welcher sich oft genug beobachten liess, konnte in allen Fällen durch die feinen Körnchen hervorgebracht sein. Siehe Engelmann, Pflüger's *Archiv* u. s. w., 1875, Bd. 9 S. 432.

Ueber die Natur der Querstreifen möchten folgende Beobachtungen von Interesse sein, die sämmtlich mit Hartnack Nr. 11, mit Zeiss'schen und Leitz'schen Systemen gemacht worden sind. Schiefe Beleuchtung ist dabei nicht zu umgehen. Ebenso ist eine gute starke Lichtquelle erforderlich und ein Abbe'scher Condensor ein nicht zu unterschätzendes Hülfsmittel.

Man schneide eine Stuben- oder auch Schmeissfliege der Länge nach durch, entnehme dem Thorax mit der Pincette eine kleine Menge der Muskelsubstanz, lege sie in einen schon bereitgehaltenen Wassertropfen auf den Objectträger, nachdem man schnell mit Nadeln das Präparat etwas verbreitert, und betrachte das Object mit einer 300maligen Vergrösserung. Man wird an manchen der vereinzelten bandförmigen oder cylindrischen Muskelprismen die so oft abgebildeten groben Querstreifen wahrnehmen. Bei anderen dagegen erscheint nichts derartiges. Das Prisma ist dem Anscheine nach bei schiefer und gerader Beleuchtung ganz glatt.

Die letztere Form ist diejenige, welche interessirt. Man lege sie sofort so, dass man sicher ist, sie nicht mit anderen zu verwechseln. Nach einiger Zeit sieht man gleichzeitig in der ganzen Länge der Faser helle Querlinien auftreten. Anfangs sind sie so wenig ausgeprägt, dass man ihr Dasein bezweifelt. Während man mit dem Einstellen grössere Deutlichkeit zu gewinnen strebt, werden sie auffälliger. Man glaubt Anfangs sich getäuscht und ein schon quergestreiftes Prisma für glatt gehalten zu haben. Während man dies noch überlegt, sieht man auf einmal in den, wie Zolle auf einem Maassstabe, abgetheilten Räumen wieder dasselbe Schauspiel vor sich gehn. Wie eine halbe Zollmarke erscheint ein feiner, undeutlicher, lichter Streif. Während man noch, um eine grössere Deutlichkeit zu gewinnen, mit besserer Einstellung sich beschäftigt, tritt er immer klarer hervor, und schliesslich ist er den zuerst erschienenen Zollabtheilungen ebenbürtig in Grösse und Glanz.

Hier schliesst häufig der Vorgang ab. Veränderungen treten nicht mehr ein. Hält man das Präparat feucht, so beginnen schon am folgenden Tage die Prismen aufzuquellen und werden schwachlichtbrechend. Das Erstere tritt gewöhnlich an den Enden zuerst auf und setzt sich allmählich über das ganze Prisma fort. Die Polarisation solcher Fasern nimmt mit dem Vorschreiten des Zerfalles immer mehr ab, während an dem Prisma, wo eben die halben Zollabtheilungen ihre höchste Entwickelung erreichten,

die Polarisation der dicken hellen Linien sehr deutlich ist. Es ist wohl überflüssig zu bemerken, dass man für die Polarisation solche Stellen im Präparate aufsuchen muss, wo mehrere Prismen dieser Art übereinander liegen. Hat man einmal diese Vorgänge klar beobachtet, so ist es leicht, auch an Anhäufungen von Säulen bei einzelnen derselben die Wahrnehmung zu wiederholen. Das dünne Prisma wirkt nicht auf die Polarisationsebene ein.

Die Beobachtung wird nur im Anfange durch die Menge von Blutkörperchen erschwert, die bei den Anfertigen des Präparates nothwendig mitgenommen werden müssen. Sie sind es auch, welche jede Anwendung von gerinnenmachenden Substanzen wie Ueberosmiumsäure u. s. w. verbieten. Sie bleiben bei der Anwendung dergleichen chemischen Zusätze an den Fäden kleben in einer Weise, dass jede Structur verdeckt wird.

Schon früher (s. *Entwickl. der Muskelf.*, S. 12 Anmerk.) war mir diese Umwandlung aufgefallen. Die grossen Unterschiede, welche das Muskelbündel der Schnecken vor und nach der Entfernung des Schleims zeigten, liessen mich glauben, dass das Bluteiweiss der Insekten dasselbe leistete für die Thoraxmuskeln. Die geringe Menge desselben erschien mir nicht ausreichend, selbst wenn das Licht sehr stark brechen sollte, was durchaus nicht der Fall ist.

Die jetzt vorzunehmende Untersuchung muss mit den oben angegebenen starken Objectiven Leitz 10 Immersion Zeiss 12 Oelimmers. Hartnack 11 Immers., mit möglichst schöner Beleuchtung und schiefem Lichte gemacht werden.

Nachdem man ein frisches Präparat mit möglichster Schnelle von einer lebenden Fliege hergestellt hat, ist wiederum eine ganz feine Säule auszusuchen. Ist dies gelungen, so wird man bald eine überaus glatte Querstreifung auftreten sehen, die mit einem Male auf der ganzen Länge der Säule erscheint. Diesen Zustand anderen Beobachtern zu zeigen ist nicht leicht. Nicht allein, dass er rasch vorübergeht, sondern er verlangt auch eine grosse Sehschärfe, die, wie ich bemerkt habe, an der Grenze des Sehens liegt, wo gesunde Augen verschiedener Individuen sehr verschiedene Wahrnehmungsfähigkeit haben.

Nach kurzer Zeit ist diese feinste Querstreifung in eine etwas gröbere übergegangen, welche in derselben Weise zu gleicher Zeit auf der ganzen Länge des Prisma erscheint. Es ist dieser Vorgang der letzte dieser Art. Bei 300maliger Vergrösserung ist er selbst bei sehr guten Objectiven mit weiter Oeffnung nicht wahrzunehmen. Die Eingangs beschriebenen Erscheinungen sind deshalb alle nach diesem Stadium erst eingetreten. Bei der Feinheit der Querstreifen, die der directen Ocularmessung sich entziehen, kann ich mit Sicherheit nicht angeben, ob nur diese beiden Veränderungen zwischen glatter Fibrille und dem ersten Auftreten grober

Streifen liegen, oder ob dreimal oder gar viermal diese Umbildung der feinsten in weniger feine Querstreifen statthat.

Die Bildung der gröberen Querstreifen ist leichter zu verfolgen. Wenn die letzteren noch dicker werden, kann man die Veränderungen der Anisotropen dabei beobachten.

Bei starken Vergrösserungen und schiefem Lichte lassen sich die Fibrillenabtheilungen in der Säule mehr oder weniger, je nach der Beschaffenheit des Bündels, leicht bemerken. Man sieht die kleinen Anisotropen, welche als kleine mässig scharf begrenzte Kügelchen (der einzelnen Fibrille gemäss, in deren Verlauf sie liegen) erscheinen, an den Rändern heller werden. Der obere und untere Umriss verliert an Schärfe, während die seitlichen weit weniger durch diesen Vorgang verändert werden. Hier bleibt der helle verwaschene Saum schmal, während er an der oberen und unteren Grenze bedeutend breiter ist. Dabei wird die Isotrope allmählich verlöscht. Sie verschwindet. Ich habe diesen Vorgang als schwache Anisotropie der Isotropen schon in Schultze's *Archiv*, Bd. 10, S. 294 beschrieben. Ein paar Jahre später fand Engelmann dasselbe, ohne von meiner Abhandlung Kenntniss zu haben. (Pflüger's *Archiv* u. s. w., Bd. 18, S. 1.)

Es ist dies zweifellos derjenige Fall, welchen Merkel als Umkehrungsstadium bezeichnet, obgleich nach meinem Dafürhalten noch ein anderer Zustand mit demselben Namen bezeichnet wird, der statt Anfang des Zusammenfliessens der Anisotropen zu sein, vielmehr das allerletzte Ende desselben darstellt. In diesem Falle ist von einem auch nur annäherndem Getrenntsein der Anisotropen gar nicht die Rede. Sie haben sich zu einem „wachsglänzendem" Streifen zusammengezogen. Ich schliesse dies aus einem Präparate, welches ich Hrn. Prof. Merkel verdanke; hier sind an dem Froschmuskelbündel als Umkehrstadium ein Verschmolzensein der Anisotropen mit mehr oder weniger Verlöschung der Isotropen bezeichnet. Der Unterschied zwischen diesen beiden Formen beruht darauf, dass die eine sich später noch verändert durch vollständigen Zusammenfluss der Anisotropen, während die letztere in dem Zustande bleibt. Doch auch dies ist streng genommen nicht richtig, da der wie wachsartig erscheinende Fleck sich auch wieder in seinen früheren Zustand zurückbilden kann, so lange der Muskel noch lebendig ist, wie ich dies öfters am Herzmuskel gesehen habe.

Dieses merkwürdige Aufquellen der Anisotropen erzeugt, da meist die in derselben Reihe befindlichen diese Veränderung erleiden, einen breiteren weisslichen Fleck, der nicht bestimmt nach oben und unten abgegrenzt ist. Er polarisirt schwächer, als eine eben so grosse Anisotrope in einem dicken Querstreifen. Natürlich ist auch ein merkbarer Unterschied der Polari-

sation in seinem Kerne zu bemerken. Er polarisirt stärker als der verwaschene Rand.

Die beiden einander zugekehrten Ränder der Anisotropen berühren sich schliesslich mit ihren breiten Ausläufern. Diese erscheinen sehr fein und undeutlich längsgestreift. Manchmal haben sie auch kleinere dunkle langgezogene Flecke in sich, wie Vacuolen, die ganz allmählich verschwinden. Je mehr die beiden Ausläufer mit einander verschmelzen, um so mehr anisotrope Masse scheint ihnen zuzufliessen. Der obere und untere Rand der beiden Anisotropen verliert dem Anscheine nach an Breite, ebenso der seitliche. Der ganze Act schliesst mit vollständiger Vernichtung oder Aufsaugung der Isotrope, welche die Anisotrope trennte. Die beiden Anisotropen sind zu einer grösseren geworden.

Die Gestalt der neuen Anisotrope ist kuglig. Die Umgrenzung kann noch etwas unbestimmt sein. Es ist dieser Zustand zuweilen der Anfang zur Einverleibung der nächstliegenden Anisotropen, der in derselben Weise vollzogen wird. Die Vereinigung erstreckt sich nach meinen Beobachtungen nicht immer auf den oberen und den unteren Nachbar zusammen. Es kann auch nur einer von beiden eine Verbindung mit der grösseren Anisotropen eingehen.

Grenzt sich die eben entstandene neue Anisotrope scharf ab, so wird sie anscheinend etwas kleiner und polarisirt dann etwas stärker. Soll eine neue Aufnahme der benachbarten, oder nur einer derselben vor sich gehen, so wiederholen sich die vorhergeschilderten Erscheinungen. Der zur Empfangnahme des Nachbars bestimmte Rand zieht sich wie in Form eines Lappens aus, die aufzunehmende Anisotrope thut dasselbe, die Isotrope verschwindet und die grosse hat den kleineren Nachbar vollständig aufgenommen. Sie bilden eine zusammenhängende Masse ohne auf ihrer Oberfläche Spuren des Prozesses zu zeigen. Nur bei sehr gross gewordenen Anisotropen erscheint die Oberfläche nicht ganz glatt.

Bis hierher ist nur die einzelne Fibrille ihrer Länge nach in Betracht gezogen. Aus den Beobachtungen ergab sich, dass die Anisotropen, wie Engelmann vielleicht mit Recht glaubt, die Fähigkeit haben, Flüssigkeit aufzunehmen, ein Vorgang, der von der Peripherie allmählich nach innen fortschreitet, an beiden Seiten der Anisotrope aber durch die interfibrilläre Substanz begrenzt wird und zur Vereinigung der Anisotropen nöthig ist. Dabei ist vorausgesetzt, dass sie nahe genug bei einanderliegen. Man kann hierin die Einleitung zur Contraction sehen. Es ist das Umkehrungsstadium Merkel's. Die Ausführung der Contraction besteht nun nach diesen Beobachtungen darin, dass die neu entstandene Anisotrope sich in sich selbst zusammenzieht, scharf begrenzt und dabei dem Anschein nach kleiner wird.

Engelmann erklärt a. a. O. S. 24 das Verschwinden der Isotrope

dahin, dass bei der Contraction die Anisotrope die Isotrope (als Flüssigkeit bezeichnet) in sich aufnimmt. Aus den oben angeführten Beobachtungen geht indessen hervor, dass dies nur bei der Einleitung des Zusammenfliessens dem sogenannten Umkehrungsstadium der Fall sein kann. Nach der Aufnahme der benachbarten Anisotrope kann bei starker Zusammenziehung die kleiner werdende, sich in sich zusammenziehende Anisotrope die Flüssigkeit möglicher Weise wieder ausscheiden.

Der Unterschied zwischen den hier vorgetragenen Beobachtungen und denen meiner Vorgänger besteht darin, dass noch kleine Anisotropen nachgewiesen werden konnten, wo meine Vorgänger nur breite, gleichförmige Streifen anisotroper Substanz kennen. Die Verschiedenheiten der Polarisation beruhen lediglich in dem verschiedenen Verhalten dieser kleinen Anisotropen. Es ist klar, dass, wenn man die von mir beschriebenen Vorgänge an beliebigen Stellen sich unterbrochen vorstellt, man verschiedene Polarisationsstärken erhalten muss. Der ganze Apparat mit Scheiben und Nebenscheiben, deren Vervielfältigung ein leichtes ist (s. M. Schultze, Bd. 9, Taf. 29 A) beruht auf der Verschmelzung verschiedenen Grades derselben und der gruppenweisen Anhäufung dieser kleinen, von mir a. a. O. S. 719, Fig 22 schon beschriebenen Anisotropen.

Schon in Schultze's *Archiv*, Bd. 10, S. 301 habe ich von den lebenden Muskel der Corethralarve eine Beobachtung mitgetheilt, aus welcher hervorgeht, dass die vereinigten Anisotropen wieder sich in kleinere zerlegen können. Da ich diesen Vorgang nicht an den Thoraxsäulen bemerken konnte, so musste ich leider auf Anwendung stärkerer Objective verzichten. Hartnack Nr. 8 liess bei schiefer Beleuchtung wohl das schnell eintretende Ende des Vorganges wahrnehmen, gestattete aber keinen Einblick in Anfang und Mitte desselben.

Man hat sich wohl die Erscheinung des Zusammenfliessens in der Weise vorzustellen, wie das Zusammenfliessen der Schwammzellen, welches mir sehr oft von Prof. Lieberkühn gezeigt wurde. Die lebenden Zellen legten sich zusammen. Sie sahen wie eine Riesenzelle mit vielen Kernen aus. Keine Vergrösserung und Beleuchtung liess auch nur eine Spur von Abgrenzung in der feinkörnigen Masse wahrnehmen. Plötzlich waren wieder deutlich Grenzen wahrzunehmen. Nachher verschwanden sie wieder, um später wieder zu erscheinen. 40 Grad warmes Wasser liess die Masse sofort in Zellen zerfallen, welche alle mit einem regelmässigen Hofe von Protoplasma um jeden einzelnen Kern versehen waren.

Bei allen Thieren, welche die mikroskopische Beobachtung in ganz unverletztem Zustande gestatten, findet sich am ruhenden Muskel stets die Hensen'sche Querscheibe mit der Mittelscheibe. Man hat demnach letztere als den Ausdruck des Gleichgewichtszustandes anzusehen, wie dies schon

von Hensen, *Arbeiten des Kieler Physiol. Instituts*, S. 1, 1868, hervorgehoben ist.

Es kommt indess eine Modification der Hensen'schen Querstreifung vor, welche häufig sich darbietet. Es finden sich nämlich zwischen je zwei breiten, die Hensen'sche Mittelscheibe zeigenden Anisotropen noch eine oder auch mehrere Reihen von sehr kleinen Anisotropen. Es ist durch diese Reihen der sonst isotrope Raum zwischen den Hensen'schen Scheiben ausgefüllt, und dadurch ist der Zwischenraum in zwei oder mehrere entsprechende Isotrope zerfallen.

Ranvier theilt S. 462 einen sehr sinnreichen Versuch mit. Er brachte das Bein eines Kaninchens in starke Extension und spritzte während der elektrischen Reizung Ueberosmiumsäure ein. Er fand an dem so behandelten Muskelstücke diese eben erwähnte Modification des Hensen'schen Streifen. Letzterer selbst war schmaler geworden im Vergleich mit dem der anderen Muskeln. Die Körnchenreihen anisotroper Substanz, welche die Nebenscheiben bildeten, waren aber dicker, der helle Raum (wohl die isotrope Substanz) dagegen erweitert.

Nach den oben mitgetheilten Untersuchungen ist das Schmalerwerden des Hensen'schen Querstreifens oder der dicken Scheibe zu erwarten. Dass die hellen Zwischenräume, die Isotropen, breiter werden, erklärt Ranvier durch die starke Streckung, der der Muskel während der Reizung ausgesetzt wurde. Auf dieselbe Ursache möchte auch das Nichtzusammenfliessen der körnchenartigen Anisotropen zurückzuführeu sein. Sie waren zu klein um die langgestreckten Isotropen auszufüllen.

So könnte man sich die Sache nach meinen Beobachtungen vorstellen. Indess möchten folgende Erwägungen nicht abzuweisen sein. Das Thier hat der Streckung widerstrebt, die Muskeln waren also von den Nerven zum Zusammenziehen aufgefordert. Die äussere Gewalt, welche den Muskel streckte, musste die sich in sich contrahirenden Anisotropen von einander trennen. Dadurch konnten die einzelnen Anisotropen nicht, wie man nach Engelmann sagen würde, die isotrope Flüssigkeit, um sich zu verbreitern, aufnehmen. Dieser Vorgang aber ist zur Verschmelzung der Anisotropen unbedingt nöthig.

Wenn Ranvier aus seinen Versuchen folgert, dass die Nebenscheibe elastisch sei so wird diese Anschauung einfach durch die Beobachtung widerlegt, dass in vielen Fällen diese Nebenreihe, mag sie aus einer einfachen oder mehrfachen Körnchenreihe bestehen, gänzlich fehlt und zuweilen an ein und demselben Muskel. Aus meinen Beobachtungen lässt sich das Fehlen leicht erklären. Es sind die anisotropen Körnchen mit ihren Nachbarn zu einer grösseren Anisotrope verschmolzen.

Untersucht man die Hensen'sche Scheibe bei schiefem Lichte und

starken Vergrösserungen, so wird man in sehr vielen Fällen bemerken, dass das anscheinend so dicke obere und untere Anisotrop durchaus nicht einfach ist. Es besteht aus zwei bis vier kleineren Anisotropen, deren Grenze je nach dem Grade der Contraction mehr oder weniger als feine isotrope Linien sich ausweisen. Die Isotropen sind, wie aus dem vorhergehenden sich ergiebt, gewöhnlich ohne Polarisation, zuweilen aber auch schwach anisotrop. Tritt eine Verkürzung der dicken Scheibe ein, so verschwinden die Isotropen mehr oder weniger und nur die isotrope Hensen'sche Mittellinie wird stark ausgeprägt, so das jetzt das Muskelbündel mit ganz gleichmässigen Querstreifen bedeckt ist. Alle Hensen'schen Querstreifen sind auf dem contrahirten Muskelbündel verschwunden, statt dessen ist eine Folge ganz gleichmässiger Querstreifen unter dem Auge des Beobachters entstanden, die in keiner Weise ihren Ursprung aus den so charakteristischen Hensen'schen Querstreifen verräth.

Unterwirft man andere Formen der Querstreifung der genaueren Untersuchung, so wird man in allen Fällen entweder die kleinen noch deutlich getrennten Anisotropen auffinden, oder man sieht noch Spuren der trennenden isotropen Linien. Nur selten sind auch diese verschwunden und alle kleinen Anisotropen wie bei den Insektenmuskeln zu einem längeren Stabe geworden. — Die feinen Körner, welche in ein- oder mehrfacher Reihe sich zuweilen am Ende der Stäbe oder der anisotropen Scheibe eingestellt haben, sind Ueberbleibsel desjenigen Zustandes der Faser, in welchem sie noch aus ganz kleinen Anisotropen bestand. Die anderen haben sich vereinigt zu Stäben oder sich aneinander gelegt mit Verminderung des isotropen Zwischenraumes. In M. Schultze's *Archiv*, 1872, Bd. 8, S. 69, Taf. 3 gab Flögel eine Darstellung der Muskelfaser von Trombidium. Er fand eine polarisirende Linie zwischen den einzelnen Linien der Querstreifung, welche er für eine Membran glaubt halten zu müssen. Die von ihm abgebildete Form der Querstreifung habe ich oft gesehen und stets an der Stelle, wo er die Membran fand, eine Reihe von feinen anisotropen Körnern wahrgenommen.[1] In anderen Fällen bildete eine anisotrope Linie die Grenze. Die Existenz einer abschliessenden Membran in der Fibrille ist sehr unwahrscheinlich. Die grosse Mannigfaltigkeit der Querstreifenformen sowohl, als auch die unter den Augen des Beobachters vor sich gehende Verwandlung von groben in sehr feine und umgekehrt, sind nicht wohl mit der Existenz von abschliessenden Membranen in den Fibrillen vereinbar. Ranvier hebt mit Recht die Wirkungslosigkeit auf die Contraction hervor,

[1] Flögel selbst gab an, dass die Ueberosmiumsäure die anisotropen Körner undeutlich macht. Dieser Umstand hat vielleicht auch Ranvier veranlasst, sie für breiter zu halten, als sie eigentlich sind.

welche eine nur sich verschiebende Anisotrope in einem abgechlossenen Behälter ausübt. Die Form der Querstreifen, welche man bis jetzt so betont hat, ist eine secundäre. Die Anordnung der feinsten Anisotropen bedingt die sogenannten Scheiben, Nebenscheiben u. s. w.

Ranvier hat S. 449, Fig. *c* und *d* eine Erscheinung an den Thoraxsäulen der Insekten abgebildet, welche er durch ein enges tiefgestelltes Diaphragma und starke Vergrösserung erhielt. Er erklärt die dann sichtbaren, sich kreuzenden Linien als Beugungserscheinungen des Lichtes, was nach seinen Versuchen zugestanden werden muss. Sie haben aber durchaus keine Gemeinschaft mit den feinen Querstreifen, von denen eben die Rede war. Der Beweis für die Richtigkeit dieser Behauptung liegt nicht darin, dass in demselben Gesichtsfelde bei derselben Beleuchtung und veränderter Lage der Objecte zur Lichtquelle feine und gröbere Querstreifen auf verschiedenen Säulen sichtbar sind, sondern in den Veränderungen, welche die feinen Querstreifen durch das Zusammenfliessen der Anisotropen erleiden. Gewisse Verschiedenheiten in der Zeit des Eintrittes und darauf folgender verschiedener Gestaltung, lassen jeden Gedanken an Täuschung bei Seite, besonders wenn man sich bei grader Spiegelstellung von der Wirklichkeit der neuentstandenen Querstreifung überzeugt hat.

Es ist schon oben erwähnt worden, dass die feinsten Querstreifen an den Thoraxmuskeln der Insekten und die daraus entstehenden gröberen, aber immerhin noch sehr feinen stets, wenn auch allmählich, unter den Augen des Beobachters erscheinen, jedoch mit einem Male auf der ganzen Länge der Säule auftreten; diese zeigt häufig noch an ihren Enden allerlei auf fibrilläre Zusammensetzung deutende Spaltungen. Dasselbe ist der Fall mit den wie Zollmarken aussehenden dickeren, schon lange bekannten Querstreifen, desgleichen mit allen noch ferner sich bildenden groben Querstreifen, welche gewöhnlich wie schwächere, den halben Zoll bezeichnende, helle Striche sich in der ganz von feinen Querstrichen erfüllten Zollbreite einfinden. Die Zahl der feinen Querstreifen ist gewöhnlich bei derselben Säule in allen Zollabtheilungen dieselbe. Ich zählte 20, auch wohl 30 darüber und darunter, doch erhielt ich immer gerade Zahlen. Da das Zählen, wie sich leicht begreift, sehr schwierig war, so habe ich nur einige Fälle hieraufhin mit Sicherheit untersuchen können.

Bei der Untersuchung auf die Querstreifung wird man bald finden, dass manche Fasern sich gar nicht auf diese Veränderung ihrer Oberfläche einlassen, sondern glatt bleiben. Im ganzen ist die Zahl dieser eine sehr geringe. In vielen Fällen bei recht lebenskräftigen Fliegen scheint es unmöglich, eine derartige aufzutreiben. Bei diesen läuft die Querstreifenbildung gewöhnlich rasch ab, und sehr bald erscheinen die Zoll- und Halbzollmarken. Dabei bleibt es aber nicht, sondern diese Streifen nehmen von

Neuem die benachbarten Anisotropen auf und gestatten dann leichter die Beobachtung des Aufquellens und Zusammenfliessens der contractilen Substanz. Schliesslich ist die Säule mit dicken Querstreifen bedeckt. Gewöhnlich sind zwischen ihnen die zwei oder drei feinen Querstreifen dicht aneinandergerückt, sodass auch zwischen diesen die Isotropen fast ganz verschwunden sind und nur eine grössere Anisotrope da zu sein scheint, welche durch ihre schwächere Lichtbrechung wenig auffällt.

Zuweilen indess läuft der Vorgang nur auf einem kleineren Theile der Säule ab. Es finden sich dergleichen, welche auf dem grösseren Theile ganz glatt sind, während ein ganz kleines Stück der Säule feine Querstreifung zeigt. Wenn an dieser Stelle sich der Prozess weiter fortsetzt, gewahrt man sehr deutlich, dass die Säule an dem quergestreiften Theile den Durchmesser des glatten Theiles bedeutend überschreitet.

In M. Schultze's *Archiv*, Bd. 9, Taf. 29 A, habe ich eine Reihe von Primitiv-Fibrillen schematisch abgebildet, Figuren, die sämmtlich nach Präparaten entworfen sind. Sie sollen die Mannigfaltigkeit der Grösse und Anordnung der Anisotropen zeigen, im Gegensatze zu der Regelmässigkeit, auf welche soviel Werth gelegt wird. Engelmann (Pflüger's *Archiv*, 1875, Bd. 9. Taf. 3) hat dagegen die regelmässigen Querstreifen zusammengestellt und so die Formenreihe in Brücke's bekannter Abhandlung vervollständigt. Alle diese verschiedenen Arten finden ihre Erklärung in der Existenz der feinsten Anisotropen und deren Eigenschaften, wenn sie noch lebendig sind. Mir ist keine Form der Querstreifung bekannt, sei es bei erschlafftem oder contrahirtem Muskel, welche sich nicht aus dieser Grundform der Querstreifung erklären liesse.

A. E. Schäfer, *Philosoph. Transact.*, 1873, p. 429, Taf. 33, hat die Ansicht ausgesprochen, dass die isotrope Substanz die contractile sei. Betrachtet man die von ihm gegebene Abbildung eines Insektenmuskels, Fig. 2, so erscheinen die isotropen Linien zusammengeflossen. Zwei dergleichen feine haben sich zu einer dickeren vereinigt. Die weissgezeichneten kleineren Anisotropenreihen, welche die grösseren Muskelstäbe von einander trennten, sind an den contrahirten Stellen verschwunden; die anisotropen Stäbchen sind bedeutend verkürzt.

Sieht man diese Beobachtungen von meinem Standpunkte aus an, so ist die Erscheinung, die Einstellung des Focus und die Genauigkeit der Zeichnungen vorausgesetzt, einfach so aufzufassen, dass die kornförmigen Anisotropen sich mit den Stäbchen, welche sich verkürzten und verdickten, vereinigt haben und so eine Verbreiterung der Isotropen herbeiführten.

Die Entstehung des Fig. 4 abgebildeten Querschnittes ist auf eine Verklebung der Ränder des Bündels zurückzuführen, wodurch die Seitenflächen auf den Querschnitt hinüber gezogen sind. Ich habe diese Er-

scheinung auf Querschnitten der Muskeln von Aulacostoma nigrescens schon 1863 in Reichert's und du Bois-Reymond's *Archiv*, S. 211 besprochen.

Das Verschmelzen der Anisotropen hat auch Wirkungen, welche in querer Richtung auf das Aussehen des Bündels Einfluss haben. — Wenn auch der Rand der aufquellenden Anisotropen nach der benachbarten Fibrille durch eine geringe Ausdehnung auffällt, so ist doch nach der Aufnahme der nächst oberen oder unteren Anisotrope die interfibrilläre Substanz anscheinend verdrängt; die Anisotrope der benachbarten Faser, welche gleichzeitig das selbe leistete, ist nur durch eine schwer wahrnehmbare Linie von dem seitlichen Nachbar jetzt geschieden. Bei erneuter Anisotropenaufnahme wird die feine trennende Längslinie unsichtbar. Eine dicke starkbrechende Querlinie geht über das ganze Bündel weg. Schliesslich ist an der glänzendsten Stelle des Knotens jeder Quer- und Längsstreifen verschwunden. Entfernt man sich von dieser Stelle, so treten vereinzelt Längs- und Querstreifen auf, anfangs kaum wahrnehmbar, an Deutlichkeit mehr und mehr zunehmend, bis zum Uebergange zu der normalen Quer- und Längsstreifung.

In diesen Fällen ist der Rand des Bündels durch eine wulstige Erhabenheit unterbrochen. Bei der Corethralarve habe ich so veränderte Muskelsubstanz wieder in die normale Querstreifung zurückkehren sehen. Gewöhnlich geschieht dies nicht. Dann kann man eine solche Stelle als wachsartig bezeichnen.

Ueber die Herzmuskelzellen und deren Grenzen.

Geht man, mit den oben geschilderten Erscheinungen bekannt, an die Untersuchung des Herzmuskels, so erkennt man sofort, dass auch die sogenannten Herzzellengrenzen einer anderen Auffassung unterliegen müssen.

Die heute allgemein in die Lehrbücher übergegangene Meinung, dass die Herzmuskeln aus einzelnen aneinander gelötheten oder gekitteten Zellen bestehen, ist von Eberth, Virchow's *Archiv f. path. Anat.*, 1866, Bd. 37, S. 100, Taf. I. ausgegangen. Ihm schloss sich 1869 in Stricker's *Lehrbuch* Schweigger-Seidel an und in neuester Zeit trat Ranvier mit grosser Enschiedenheit für diese Auffassung in seinem Lehrbuche ein.

Der Grund für diese Meinung liegt in folgenden Erscheinungen. Die erste ist das Vorhandensein von feinen glänzenden, einfachen oder auch doppelten Querlinien, die über das Muskelbündel, treppenförmig zerlegt oder auch fortlaufend hinüberziehen. Die zweite besteht darin, dass Höllensteinlösungen die Linien schwarzfärben; die dritte in dem Zerfallen der Herzmuskeln in Kali, das wenigstens meist an dieser Querlinie eintreten

soll. Die vierte Erscheinung ist die, auf einer sehr unvollständigen Kenntniss der Entwickelung der Herzmuskeln gegründete Auffassung der Purkinje'schen Zellen, welche man unter das von Remak aufgestellte Schema der einzelnen Zelle, welche in sich den quergestreiften Muskel erzeugt, brachte.

Das Vorhandensein dieser Zellengrenzen ist nach meinen Untersuchungen durchaus nicht so allgemein, wie man nach den heutigen Darstellungen annehmen sollte. Zuweilen hatten noch fast blutwarme Herzen von Meerschweinen, Kaninchen und Hunden diese Linien bei schwacher oder starker Vergrösserung nicht. Ebenso als die Herzen kalt geworden, oder in Alkohol untersucht wurden, war trotz grosser Sorgfalt nichts von den Muskelzellengrenzen zu finden. Bei diesen Thieren, welche in allen Altern des Lebens zur Untersuchung verwandt wurden, war die Nähe der embryonalen Zeit durchaus gleichgültig für die Zellengrenzen der Muskeln. Am leichtesten fanden sie sich an Herzen von Ochsen und Kälbern und an kranken Menschenherzen. Bei letzteren boten sie sich in Formen dar, welche ich in einer vorläufigen Mittheilung (*Sitzungsber. d. Naturf. Ges.* zu Marburg Nr. 10, November 1872, S. 144) als stillstehende Contractionswellen beschrieb, ein Ausdruck, gegen den sich allerlei Bedenken äussern lassen.

Ist ein Herz gefunden, welches die Muskelzellengrenzen hat, so zeigen starke Vergrösserungen eine überaus feine Querstreifung zwischen den schon längst bekannten gewöhnlichen und häufig abgebildeten. Diese sind es, welche bis jetzt übersehen wurden. Die Zahl dieser feinen Streifen ist veränderlich. Gewöhnlich findet man 2—4 kleine Anisotropen mit den entsprechenden Isotropen, welche den Raum zwischen den bekannten gröberen Querstreifen ausfüllen, ganz wie bei den Stammmuskeln.

Diese Form der Querstreifung ist wohl nicht die normale, da man auch sehr häufig die gewöhnliche Hensen'sche Querstreifung, besonders wenn man danach sucht, ausfindig macht.

Bei genauerer Betrachtung der Herzzellengrenzen gewahrt man bald, dass sie nicht aus einer glatten Linie bestehen. Sie sind vielmehr aus einer Reihe von kleinen Anisotropen zusammengesetzt, die mehr oder weniger deutlich durch fibrilläre Streifung getrennt sind. Sie gehen meist nicht durch die ganze Dicke der Bündel, liegen häufig auch unter der Oberfläche. Ferner stehen sie oft nicht weit auseinander, sondern 2—6, theilweise die ganze Oberfläche des Bündels durchschneidend theils nur einen grössern Theil derselben überschreitend, befinden sich dicht bei einander, ohne sich um die Lage der Kerne zu kümmern, über welche sie einfach hinwegziehen.

Hierbei sind alle diejenigen Formen von Zellen ausser Acht gelassen, welche durch ein von Muskelsubstanz bedecktes, abgerissenes Bündel oder durch eine quer auf oder unter dem Bündel liegende Fibrille erzeugt sind.

Am schwersten ist eine einfache kleine Falte einer dünnen Faserschicht von einer Zellengrenze zu unterscheiden, welche durch eine kleine Verkürzung der darunterliegenden Faserschicht entsteht. Gewöhnlich sind in diesem Falle die kleinen Anisotropen sehr deutlich durch die Fibrillenlinie getrennt und anscheinend eben so gross, wie die oberen und unteren Nachbarn. Denn die interfibrilläre Substanz des Herzmuskels ist sehr entwickelt, wie dies die bekannten Figuren auf dem Querschnitte beweisen. — Sind die Anisotropen aber grösser, so ist es nicht möglich, eine Herzzellengrenze von einer Falte zu unterscheiden, wenn auch die Falte durch die Vergrösserung der Anisotropen keine Bedeutung mehr hat.

Bei menschlichen Herzen mit Klappenfehlern finden sich sehr viele Herzzellengrenzen in den Papillarmuskeln. Bald sind ihre Anisotropen sehr klein, bald sind sie aber auch auffällig gross und zuweilen findet man auch grosse wachsartig glänzende Knoten ohne Querstreifung und Fibrillen.

Untersucht man ein noch warmes Kälberherz und wendet seine Aufmerksamkeit den Papillarmuskeln zu, so wird man zuerst mit der Schwierigkeit kämpfen müssen, ein brauchbares Präparat zu gewinnen. Sehr starke Vergrösserungen lassen sich der Dicke des Präparates wegen selten anwenden. Ich kann deshalb auch nicht über die Vorgänge genaueres angeben, wie ich es bei den Thoraxprismen vermochte.

Ich habe immer nur Wasser für das Präparat verwandt, und die Ränder desselben berücksichtigt. An den freiherausstehenden Bündeln konnte ich öfters das Entstehen und Vergehen der Zellengrenzen beobachten, welches in der oben beschriebenen Weise unter meinen Augen ablief. Einige Male konnte ich auch einen breiten wachsglänzenden Streifen während der Beobachtung wieder zur gewöhnlichen Querstreifung zurückkehren sehen. Der rückschreitende Vorgang begann ganz unmerklich am oberen Ende, rückte bis zur Mitte von beiden Seiten allmählich vor. Nach einigen Minuten war von der „Wachs"-Stelle nichts mehr warzunehmen, als höchstens noch ein etwas hellerer Schimmer. In einem anderen Falle war die glänzende Stelle in der Mitte durch eine treppenförmige dunkle Furche unterbrochen. Die Rückbildung in die gewöhnliche Querstreifung trat in einem solchen Falle nicht allein an dem oberen und unteren Rande, sondern auch in der Mitte ein.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass die Herzzellengrenzen durch die vergrösserten Anisotropen gebildet werden, welche ihre Nachbarn in sich aufnahmen. Die Herzzellengrenzen verschwinden, wenn der Prozess rückgängig gemacht wird.

Die Wirkungen der Höllensteinlösung werden hier übergangen, da ihre Beweiskraft noch mancherlei Bedenken unterliegt.

Die Darstellung der Herzzellengrenzen mit Kali würde selbst den eben

geschilderten Erscheinungen gegenüber noch einen gewissen Werth haben, wenn durch sie die Grenzen der muskelbildenden Zellen des Herzens vielleicht aufzuweisen wären. Man könnte wohl in Rücksicht auf das von Lieberkühn beobachtete Zusammenfliessen und Auseinandergehen lebender Schwammzellen an eine derartige Möglichkeit denken. Doch leider ist dies nicht der Fall. Eberth, Virchow's *Archiv*, Bd. 37, S. 112 will zwar der Wirkung des Kali gegen die Anschuldigung, dass es Kunstprodukte erzeuge, rechtfertigen, obgleich er selbst, S. 107 unten, Unzuverlässigkeit der Kaliwirkung hervorhebt. Er weiss aber weiter nichts vorzubringen, als eine Berufung auf Weissmann's Angaben. Es bleibt also nur der Versuch übrig. Legt man frische Herzmuskelstücke, kleinere oder grössere, eben dem lebenden Thiere entnommen, oder nicht in eine 30 % Kalilösung, so trennen sich die einzelnen Bündel leicht von einander und werden brüchig. Näher untersucht fehlen die sonst so deutlichen Fibrillen-Abtheilungen, die feinsten Querstreifen sind verschwunden, die gröberen sind geblieben, das Muskelbündel hat ein eigenthümlich glänzendes Aussehen bekommen, was es sonst nie zeigt. Bei längerer Kalieinwirkung wird der ganze Muskel aufgelöst. Dies kann nicht auffallen, da Kali diese Einwirkung schliesslich auf alle thierischen Gewebe hat. Die Erscheinungen, welche diesem erwarteten Ende vorausgehen, bestehen in einer immer mehr zunehmenden Zerbröckelung der Muskelsubstanz. Will man die so oft beschriebenen Zellen sehen, so muss man die Stücke des Bündels gleich, wenn sie sich bilden untersuchen. Man erwarte aber nicht immer einen Kern oder mehrere derselben, ausreichend von Muskelsubstanz umgeben, vorzufinden. Häufig genug ragt der Kern zur Hälfte über das abgebrochene Ende des Muskelbündels heraus. Hat man ganz frische eben dem Thiere entnommene Herzmuskelstücke in das Reagenz gelegt, so findet man die aus Anisotropen gebildeten feinen Linien, die Herzzellengrenzen öfters vor. Diese sind nun durchaus nicht immer an den Bruchstellen der Muskelstücke gelegen. Zuweilen liegen sie der Mitte derselben näher, zuweilen den Enden. Ich hatte meist sogar grosse Mühe, ein Stück aufzufinden, dessen eines Ende wenigstens den Angaben der Autoren entsprach, d. h. die aus grösseren Anisotropen gebildete Querlinie zeigte. Die Wirkung des Kali kann ich nur verstehen, wenn ich von der Annahme ausgehe, dass es die Gewebe zerstört und dabei mit den Theilen anfängt, welche am leichtesten für seine chemischen Eigenschaften zugänglich sind. Das sind die Isotropen, welche jedenfalls weniger Raum einnehmen und mehr Flüssigkeit enthalten, als die Anisotropen. In Kali brachen die Insektenmuskeln stets zuerst an den Stellen von einander, wo die breitesten Isotropen sich befanden. So wenigstens nach meinen Versuchen. Hieraus ergiebt sich, dass die Existenz der Herzmuskelzellen nicht durch Kali bewiesen wird.

Ueber die Purkinje'chen Zellen des Herzens hat Ranvier S. 501 zuletzt sich geäussert, nachdem vorher Obermeier in Reichert's und du Bois-Reymond's *Archiv*, 1867, S. 245 und M. Lehnert in M. Schultze's *Archiv*, 1868, Bd. 4, S. 26, Taf. III ihre darauf bezüglichen Arbeiten veröffentlicht hatten. M. Lehnert, der seine Untersuchungen in Marburg auf dem anatomischen Institute gemacht hatte, kam zu der Ansicht, dass die Purkinje'schen Zellen als Rest des embryonalen Zustandes des Herzens anzusehen sind. Die von Ranvier dagegen citirte, welche die Purkinje'schen Zellen als Einschluss in einem davon unabhängigen muskulösen Netze ansieht, wird durch ein Versehen M. Lehnert zugeschrieben. Obermeier vielmehr vertritt diese Meinung. Der erstere aber hat im Gegentheil die von Ranvier angenommene Anschauung ausgesprochen, die auch von Kölliker und Anderen aufgestellt wurde. Hier muss ich mich der letzteren Behauptung anschliessen, d. h. ich kann in den Purkinje'schen Zellen nur embryonale Protoplasmamassen erkennen.

Von welchem Thiere man auch embryonale Herzen untersucht, man erhält stets Präparate, welche genau in der Structur den Purkinje'schen Fasern gleichen. Das Verschwinden der Letzteren hält mit der Ausbildung des Herzens gleichen Schritt. So ist es beim Frosch, beim Huhn, beim Kaninchen und Hunde. Anfangs findet sich eine Protoplasmamasse mit Kernen vor. Sie scheint aus Zellen zusammengesetzt zu sein, denn die Oberfläche z. B. eines Herzbalkens ist mit halbkugligen Hervortreibungen besetzt. Bei näherer Besichtigung sucht man vergebens nach einzelnen Zellen. Es bildet alles eine grosse Riesenzelle, ohne irgend eine bemerkbare Abgrenzung. Es wiederholt sich hier derselbe Vorgang, wie bei den Muskelplatten. 1862 hatte schon C. Eckard in Henle's und Pfeufer's *Zeitschrift*, Bd. 29, S. 64 nach eignen Untersuchungen von Herzen dieselbe Ansicht ausgesprochen. Da die Fasern aber, welche entstehen, die Protoplasmamasse nach allen Richtungen durchziehen, so müssen Knoten oder Kreuzungen entstehen und die Protoplasmamassen abgegrenzt werden. So findet das Kali dünne Stellen vor, die es schneller zerfressen kann. Durch die auf diese Weise zu einzelnen Zellen gewordenen Protoplasmamassen ziehen gewöhnlich noch einzelne Fibrillen hindurch, die nicht durch Zerfallen eines Primitivbündels entstanden sein können, ebensowenig wie die einzelnen Fasern, welche man an der Basis der Papillarmuskeln findet, wo Bündel, Säulen und Fibrillen in unentwirrbarer Weise auf den verschiedensten Wegen sich kreuzend, unter einander verflochten sind. Es giebt kein überzeugenderes Präparat für die Fibrille und für die interfibrilläre Substanz.

Ich habe beim Huhnembryo feine glashelle Fäden im pulsirenden Herzen, sowie es als solches erkennbar war, vorgefunden. Mit der Scheere dasselbe herausgeschnitten, im Amnionwasser untersucht, liessen sich schon die mit

allen Eigenschaften der eben entstandenen Muskelfibrille versehenen Fäden wahrnehmen. Sie wurden, gedrückt, glänzend, den Holst'schen Stäbchen ähnlich, auch fanden sich öfters schon quergestreifte Fasern dabei vor. Das Herz eines dreitägigen Embryo wurde ebenso untersucht, aber in kleinere Theile zerschnitten, die in Amnionflüssigkeit sehr gut sich untersuchen liessen. Hier waren nur mehr Fibrillen, sowohl glatte wie quergestreifte vorhanden, die in allen möglichen Richtungen sich kreuzten. Nirgends liess sich eine Spur von Zellen entdecken, wenn auch der Schein derselben durch die Buckel des fast hyalinen Protoplasma hervorgebracht wurde. Zuweilen fand sich unter solcher Hervorragung ein Kern. Der einzige Ort, wo sich ein quergestreiftes Muskelbündel mit einem einzigen Kerne nachweisen liess, war am Ende des Larvenschwanzes von Salamandra. Bei Froschlarven fand ich stets zwei oder auch mehrere bei eingehenderem Nachsuchen.

Man kann demnach die Ansicht nicht aufrecht erhalten, dass quergestreifte Muskeln aus einzelnen Zellen ihren Ursprung nähmen, welche auf irgend eine Weise nach dem Erscheinen der quergestreiften Muskelsubstanz mit einander verschmölzen. Es verschmelzen vielmehr die Zellen mit ihrem Protoplasma zuerst, und nachher erscheint die Muskelsubstanz. Dasselbe ist mit dem Binde- und dem elastischen Gewebe der Fall. Das hindert nicht, dass auch ein einzelner Kern sich in dem Protoplasma vorfindet, wo Muskelsubstanz sich bildet, der dann der Neubildung den Schein einer einzelnen Zelle verleiht.

Aus diesen Mittheilungen ergiebt sich, dass das Muskelbündel aus Fibrillen besteht, welche in einer Protoplasmamasse mit vielen Kernen aus einer Reihenzelle im Sinne Virchow's als glatte feine Fäden ihren Ursprung nahmen, jede eingebettet in der interfibrillären Masse, welche Abkömmling des Protoplasma ist. Die Fibrille erhält später die bekannte Structur aus regelmässig auf einander folgenden Anisotropen und Isotropen.

Die Anisotropen haben die Fähigkeit sich auszudehnen (nach Engelmann aufzuquellen durch Flüssigkeitsaufnahme), und sich zu verkleinern, indem sie sich in sich zusammenziehen (nach Engelmann durch Wasserabgabe). Ausserdem können sie mit einander zu einer grösseren Anisotrope verschmelzen, welche dadurch ihre eben erwähnten Eigenschaften nicht verliert, sondern noch weitere Vereinigungen mit der benachbarten eingehen kann. Diese Vereinigung führt eine stärkere Polarisation und ein Glänzen der contractilen Substanz mit sich, welches als „Wachsglanz" bezeichnet zu werden pflegt.

Die grosse Anisotrope kann sich wieder in kleinere zerlegen, immer natürlich mit den entsprechenden Isotropen. Die kleinen Anisotropen sind

bis jetzt übersehen. Sie finden sich sehr häufig vor, und sind der Grund der sehr veränderlichen Querstreifenarten der Muskeln, von welchen die sogenannte Hensen'sche diejenige des im Gleichgewichte befindlichen Muskels, also des ruhenden ist. Hensen hebt schon ein eigenthümliches körniges Aussehen dieser von ihm zuerst richtig gewürdigten Querstreifenform hervor.

Auf der Existenz der kleinsten Anisotropen mit ihrer Eigenschaft, die benachbarten in sich aufnehmen zu können, beruht das Erscheinen der sogenannten Herzzellengrenzen, die nur aus Reihen von vergrösserten Anisotropen bestehen und unter den Augen des Beobachters entstehen und vergehen können.

Figurenerklärung.

i bedeutet isotrope Substanz. Sie ist in allen Fällen als dunkle feine Linie gezeichnet. Nur in zwei Fällen bei Insectenmuskeln musste sie ihrer grossen Breite wegen hell bleiben in der Zeichnung.

a bedeutet die anisotrope Substanz. Sie ist stets hell gezeichnet, mit Ausnahme der oben bezeichneten Fälle, wo die Anisotropen kleine Körner bildeten.

Fig. 1. Muskeln vom Schwanze einer lebenden Salamanderlarve.

c Der mit Hensen'schen Querstreifen bedeckte Theil.

b Ein dünnerer Muskel. Er änderte während der Beobachtung seine Hensen'schen Querstreifen in ganz gleichförmige um, indem die isotrope Mittellinie tiefer und dunkler wurde. Durch diesen Vorgang wurde die regelmässige Abwechselung feiner und gröberer Isotropen aufgehoben. Die Isotropen wurden gleichartig, während die Anisotropen kleiner wurden und stärker polarisirten. Hartnack, Syst. Nr. 11, 920mal vergr.

Fig. 2. Muskelbündel vom Menschen (Typhus) mit Hensen'scher Querstreifung. Hier hat sich noch eine einfache Reihe kleiner Anisotropen zwischen je zwei Hensen-schen Querstreifen eingeschoben. Es ist dies die Modification der Hensen'schen Querstreifung, welche Ranvier bei dem Versuch am Kaninchen fand. Statt einer Reihe von eingeschobenen kleinen Anisotropen können auch mehrere Reihen an derselben Stelle sich befinden. Hartnack, Nr. 11, 920mal vergr.

Fig. 3. Beinmuskeln einer Tegenaria. Durch die Verschiebung der oberen gegen die unteren Fibrillenlagen entsteht bei mässiger Vergrösserung der Schein von Facetten, welche das Bündel zusammensetzen. Leydig fand diese Form bei der Ameise. Zwischen den aus Stäbchen zusammengesetzten Anisotropenscheiben liegen Reihen von feinen anisotropen Körnchen. Sie sind dunkel gehalten. 300 mal vergr., frisch.

Fig. 4. Dieselbe Erscheinung am Muskelbündel ebendaher. Auch hier finden sich anisotrope Körnchenreihen zwischen den aus Stäben zusammengesetzten anisotropen Scheiben. In diesem Falle ist die Isotrope weiss geblieben in der Zeichnung. 300mal vergr., frisch.

Fig. 5. Ein Muskelbündel vom Schenkel von Geotrupes. Auch hier sind anisotrope Körnerlagen zwischen die Scheiben eingeschaltet. Die Isotropen sind weiss geblieben, die aus kleinen Anisotropenreihen bestehende Nebenscheibe dagegen dunkel. Die oberen Faserlagen sind auch hier gegen die unteren verschoben. 300mal vergr.

Fig. 6. Schwanzmuskel einer kleinen Froschlarve. 125 mal vergr.
m Muskelbündel.
s Sehne.
k Kerne.

Fig. 7. Uebergang von Muskel in Sehne desselben Präparates.
m k s wie in Fig. 6.
c sind feinste Fibrillen des Muskelbündels, welche einzeln in die Sehne noch weiter sich fortsetzen.

Die Hensen'che Querstreifung findet sich auf dem ganzen Bündel und den einzelnen quergestreiften Fibrillen, welche sich am Aufange der Sehne als einzelne Fibrillen wahrnehmen lassen. Hartnack, Nr. 11, 920 mal vergr.

Fig. 8. Ein glattes Muskelprisma aus dem Thorax einer Schmeissfliege.
u Umschlagsstelle, den optischen Querschnitt zeigend. Zeiss, 1/18 Oelimm.

Fig. 9. Dasselbe mit der eben entstandenen feinsten Querstreifung.
f Fibrilläre Zerspaltung am unteren Ende.

Fig. 10. Dasselbe mit der gröberen aus der vorigen entstandenen Querstreifung. Bis hierher habe ich die Zeichnung ein und derselben Stelle machen können. Die Umschlagsstelle *u* Fig. 8 sowohl als auch die fibrilläre Zerspaltung, *f* Fig. 9 sind von dem oberen und unteren Ende derselben Faser den abgebildeten Stücken hinzugefügt.

Fig. 11. Das Erscheinen der ersten gröberen Querstreifen an einem anderen Bündel. Man kann die Abtheilungen mit Zollen auf einem Maassstabe vergleichen. In diesem Falle standen die gröberen Querstreifen nicht weit von einander ab. Sie bildeten sich aus einer feinen Querstreifung unter meinen Augen. Diese Form ist es, welche man bei 300 maliger Vergrösserung zuerst sieht.

Fig. 12. Ein anderes Prisma mit grösseren Querstreifen, wo sich eben die den halben Zollen entsprechenden Abtheilungen anfingen zu bilden. Auch dieser Vorgang wurde direct beobachtet.

Fig. 13. Grobe Querstreifen, eng an einander liegend, durch eine feine Isotrope von einander getrennt. Diese Form fand ich vor; ich sah nicht ihre Entstehung. Zeiss, 1/18 Oelimm.

Fig. 14. Ein fein quergestreiftes Thoraxprisma von der Stubenfliege. Leitz, Nr. 10, Immers. Die Streifen waren gröber als gewöhnlich aber ganz gleichmässig und an einem glatten Prisma oder Muskelsäule entstanden während der Beobachtung.

Fig. 15. Eine andere Form der Querstreifung, während der Beobachtung entstanden. Eine stärkere Isotrope (*i*) theilt die acht feinen Anisotropen zwischen den dickeren in je vier. Diese Form war während der Beobachtung aus Fig. 14 entstanden.

Fig. 16 zeigt den weiteren Verlauf des Processes am unteren Ende des Prismas. Die acht feineren Mittelquerstreifen sind theils verschmolzen, theils noch nicht ganz mit einander vereinigt, doch sind die Isotropen schon bis auf äusserst geringe Spuren verschwunden. Die dicken Anisotropen der stark vortretenden Querstreifen erscheinen kuglig.

Fig. 17. Ein anderes Prisma, bei welchem in *l* sich eine Hensen'sche Scheibe eben bildet, die im *h* schon fertig gestellt wurde. Durch die unregelmässige Verschmelzung der Anisotropen, welche nicht zu gleicher Zeit eintrat, sind die Querstreifen schief geworden. Auch diese Form entwickelte sich unter meinen Augen aus einer gleichmässig fein quergestreiften Thoraxsäule.

Fig. 18. Thoraxprisma sehr fein längsgestreift, in Wasser macerirt. Es ist gequollen, durchsichtig geworden, spiralig gedreht. Die Querstreifen sind dadurch fast Längslinien geworden.

Fig. 19. Ein anderes Prisma, ebenfalls macerirt in Fibrillen zerfallen, und durchsichtig geworden.

Fig. 20. Ein anderes, an seinem oberen Ende sehr stark aufgequollen, mit vollständiger Vernichtung der Quer- und feinen Längsstreifen, welche beide am unteren Ende noch sichtbar sind. Letzteres brach das Licht stärker als ersteres.

Fig. 21. Muskelsäule von Geotrupes Stercorarius. Thorax.

Fig. 22. Rosenkranzförmiges Thoraxprisma mit 5—6 feinen Querstreifen auf den breiten Gliedern. Die Figuren 15—26 sind sämmtlich 920mal Hartnack, Nr. 11, vergrössert. Die Isotropen sind durch feine dunkle Querlinien wiedergegeben.

Fig. 23. Thoraxmuskelsäule von Lucanus cervus. Die weissen Stellen sind etwas dickere Anisotropen. Die kleinsten Anisotropen in den Gliedern sind durch sehr schwach angedeutete (dunkelgezeichnete) Isotropen kaum von einander getrennt. Man findet diese Querstreifenform häufig bei Crustaceen, z. B. Homarus.

Fig. 24. Dieselbe Form, aber ganz ohne Isotropen.

Fig. 25. Thoraxprisma mit sehr feinen Querstreifen auf den Gliedern von einem hungernden Lucanus cervus. Die Säule war auffallend dünn.

Fig. 26. Ein Muskelbündel von Dytiscus marginatus aus dem Fusse.

o mit schiefem Lichte,

p mit geradem Lichte betrachtet.

Fig. 27. Ein Muskelbündel (Mensch, Typhus). Wahrscheinlich ist diese Form der Querstreifung aus der Hensen'schen hervorgegangen. Zwei Streifen von Anisotropen sind bei *l* theilweise zu einem dicken Streifen mit Verlöschung der Isotropen zusammengeflossen. Hartnack, No. 8, 480mal vergr.

Einen sehr ähnlichen Fall bildet Merkel, M. Schultze's *Archiv*, Tafel XV, Fig. 4 ab.

Fig. 28. Muskelbündel eines 5 Tage alten Hundes, frisch 480mal vergrössert, Hartnack, Nr. 8.

z Protoplasmabelag mit Kernen an dem unteren Theile des Bündels.

Es fanden sich zwischen den Bündeln noch viele glatte Fasern in der Rinnenform (welche Eilh. Schultze beschrieb) zu Bündeln vereinigt vor. Durch die Zerrung bei der Präparation waren die Bündel zu dünnen Strängen ausgezogen.

Fig. 29. Ein eben solches Bündel frisch von einer einen Tag alten Maus. 480mal vergr.

Fig. 30. Herzmuskeln einer Katze, frisch mit zahlreichen Herzzellengrenzen, die sehr unregelmässig vertheilt sind. 330mal vergr.

Fig. 31. Herzzellengrenzen vom Kaninchen aus kugligen Anisotropen bestehend. Hartnack, Nr. 11, 920mal vergr.

Fig. 32. Wachsartiger Contractionsknoten aus einem kranken Menschenherzen. Die Anisotropen sind der Länge und der Quere nach mit einander verschmolzen. Die Querstreifung wird erst an der Basis des Knotens deutlich. 920mal vergr.

Fig. 33. Muskel vom Kaninchenherzen. Man bemerkt auf den Gliedern die sehr feine Querstreifung, die bei *x* aufhört, und an dieser Stelle in grössere einfache Anisotropen verwandelt ist.

ay ist eine Herzmuskelzellengrenze, gebildet aus Anisotropen von deutlich kugliger Gestalt, Zeiss, $^1/_{18}$ Oelimmers.

Fig. 34. Die feine Querstreifung auf den Herzmuskeln, wie man sie am häufigsten findet. Kaninchen. Zeiss, $^1/_{18}$ Oelimmers.

Fig. 35. Herzbalken von einem 3tägigen Hühnerembryo, frisch. Hartnack Nr. 11, 920mal vergr.

k Kerne.

p Protoplasmabuckel.

Die Streifen sind die feinen Muskelfibrillen ohne Querstreifen.

Fig. 36. Herzbalken aus einem Rinderembryo. 330mal vergr.

a Noch hohle aber schon quergestreifte Muskelbündel.

b Ein noch aus Protoplasma mit Kernen bestehender Strang, der, mit den stärksten Vergrösserungen und schiefer Beleuchtung untersucht, noch keine Fibrillen wahrnehmen liess.

Fig. 37. Aus einem älteren Embryo.

f Die Fibrillen sind schräg und quer durch den Schnitt getroffen. Sie bilden die Grenzen der mit Kernen versehenen zellenartigen Protoplasmaabtheilungen.

k Kerne mit Kernkörpern. Hartnack, Nr. 11, 920mal vergr.

Fig. 38. Von einem zwei Tage alten Hunde. Hartnack, Nr. 11, 920mal vergrössert.

Die Stelle, an welcher die Muskeln sich mit der Klappe verbinden.

Von jeder einzelnen Muskelfibrille ging ein feiner structurloser Faden aus, der glatt abgeschnitten im demnach ganz indifferenzirten Protoplasma aufhörte, die Fäden endeten nur im Allgemeinen in gleicher Höhe. Die Enden bilden eine etwas wellige Linie.

Ich glaube, dass diese Erscheinung auf das Wachsthum der Muskeln zu beziehen ist. Die schon quergestreiften Fibrillen erhalten ihren Zuwachs durch eine structurlose Verlängerung, welche aus dem Protoplasma ihren Ursprung nimmt. Es würde dieser Vorgang die von Hensen ausgesprochene Vermuthung zu einer Thatsache machen. Bekanntlich glaubte Hensen aus mehrfachen Gründen, dass durch Verlängerung der Bündel an ihren Enden, also nicht durch Intussusception die Muskeln wüchsen.

Fig. 39. Herzbalken von einer 22mm langen Larve von Rana esculenta, frisch nur aus Protoplasma bestehend, ohne Spur von Zellengrenzen. 330mal vergrössert.

k Kerne.

Fig. 40. Ein Herzbalken von einer grösseren Froschlarve.

k Die Kerne.

Die Fibrillen durchziehen das ganze Protoplasma, sich oftmals kreuzend. 920mal vergrössert.

Fig. 41. Muskelbündel mit Querstreifen, rings umgeben von Protoplasma mit Kernen (*k*). Aus dem Herzen einer einen Tag alten Maus. Die Muskelbündel sind noch hohl. 480mal vergr.

Fig. 42. Herzbalken mit Endocardüberzug und Endothel von einem eben geborenen Hunde, frisch. 330 mal vergr.

Durch die Verflechtung der Fibrillen scheint der ganze Muskelstrang aus spindelförmigen Zellen zusammengesetzt.

In **Fig. 43**, einem Herzbalken bei 330 maliger Vergrösserung, von einem zwei Tage alten Hund desselben Wurfes untersucht, sieht man alle scheinbaren Zellen durch quergestreifte Fibrillenzüge von einander gedrängt. Die scheinbaren spindelförmigen Protoplasmamassen sind zum Theil in Muskelmassen umgewandelt.

e das hier schon fibrilläre Endocard mit Endothelbelag. Letzteres erscheint als die oberste, nicht weiter umgewandelte Schicht des Protoplasma.

In Fig. 42 erscheint das Endocard mit dem Endothel als structurlose Masse, während in Fig. 43 Bindegewebsfibrillen mit Verdickung des Endocards sich eingestellt haben, und der Rest des Protoplasma auf der Oberfläche des Herzbalkens weiter als Endothel fortbesteht.

Der Mechanismus der Kniescheibe.

Dreizehnter Beitrag zur Mechanik des menschlichen Knochengerüstes.

Von

Prof. Hermann von Meyer
in Zürich.

Die Kniescheibe bildet bekanntlich nicht einen integrirenden Bestandtheil des Knochengerüstes; sie gehört vielmehr nach ihrer systematischen Stellung als Sehnenknochen zu dem Muskelsysteme. Sie steht demnach in derselben Kategorie, wie die Sesambeine der grossen Zehe und des Daumens und wie das Os pisiforme, wenn auch dieses letztere gewöhnlich unpassender Weise zu dem Knochengerüste der Handwurzel gerechnet wird. — Während indessen die angeführten Sehnenknochen und ebenso die inconstanten, wie z. B. die Sehnenknochen in den Gastrocnemius-Köpfen, in mechanischer Beziehung nichts Besonderes darbieten, zeigt die Kniescheibe in ihrem Mechanismus mancherlei Eigenthümlichkeiten, welche nach mehreren Seiten hin ein theoretisches Interesse gewähren und nicht minder wegen der Frakturen und Luxationen, die an derselben vorkommen können, auch eine grössere praktische Wichtigkeit erlangen können.

Die Sesambeine der grossen Zehe und des Daumens erscheinen allerdings als Sehnenknochen und müssen auch als solche beurtheilt werden; indessen werden ihre mechanischen Beziehungen besser und leichter verstanden, wenn man sie als Verknöcherungen oder als Knocheneinlagerungen der Gelenkkapsel ansieht. Vergleicht man nämlich, um bei den Sesambeinen der grossen Zehe zu bleiben, die Metatarso-Phalangalgelenke der übrigen Zehen, so findet man, dass die phalangale Gelenkhöhle, in welcher sich das Metatarsusköpfchen bewegt, sich keineswegs auf die Cavitas glenoides an der Basis der Grundphalanx beschränkt, sondern sich an der Beugeseite noch in Gestalt einer festen fibrosen Kappe fortsetzt, welche aus transversal verlaufenden Fasern gebildet ist und jederseits eine feste Ver-

bindung mit den Ligamenta lateralia desselben besitzt. Diese Kappen bilden sogar bei dem gewöhnlichen Gebrauche des Fusses zum Gehen die Haupt-Articulationsflächen für die Metatarsusköpfchen indem sie, plantar gelegen, beim Aufsetzen des Fusses an den Boden angedrückt werden und dann diejenige Fläche darbieten, auf welcher sich beim Heben des Fusses auf die Zehen die Metatarsusköpfchen bewegen. Indem die Kappen der vier kleinen Zehen unter einander durch die (unpassender Weise so genannten) Ligamenta capitulorum verbunden sind, bilden sie eine vierfächerige Rinne, in welcher sich die Metatarsusköpfchen dieser Zehe bewegen. — In die der grossen Zehe angehörige Kappe dieser Art, welche nicht mit denjenigen der anderen Zehen verbunden ist, finden sich nun die Sesambeine so eingelagert, dass sie sich vollständig an deren mechanischer Bedeutung betheiligen und insbesondere, an den Boden angedrückt, die Fläche darbieten, auf welcher in der Gehbewegung das Metatarsusköpfchen der grossen Zehe gleitet. Ihre Beziehungen zu denjenigen Muskelsehnen, in welche sie eigentlich eingelagert sind oder welche nach der geläufigen Auffassung sich an dieselbe ansetzen, treten durch dieses Verhältniss ganz in den Hintergrund. — Ganz analog verhalten sich die Sesambeine des Daumes.

Reiner als Sehnenknochen tritt das Os pisiforme auf, indem es unverkennbar der an das Os metacarpi des kleinen Fingers inserirten Sehne des M. flexor carpi ulnaris eingefügt ist. Zwar pflegt man das Os pisiforme als einen Theil der Handwurzel zu beschreiben, dasselbe als Insertionspunkt des genannten Muskels zu bezeichnen und den fibrosen Strang zwischen ihm und der Basis des fünften Metatarsusknochens als ein „Ligamentum pisometacarpeum“ aufzufassen, indessen ist zweifellos die oben gegebene Deutung der betreffenden Theile die naturgemässere, weil das Os pisiforme an dem mechanischen Apparate der Handwurzel in keiner Weise betheiligt ist und weil die vier anderen Musculi carpi an die Basis von Metakarpusknochen angeheftet sind und somit durch die Fortsetzung des M. flexor carpi ulnaris über das Os pisiforme hinaus bis zum Metakarpus hin nur die Einheitlichkeit in der Anordnung der Musculi carpi hergestellt wird. Der Ursprung des M. abductor digiti minimi von dem Os pisiforme darf einer solchen Auffassung nicht entgegenstehen; sehen wir ja doch auch die M. lumbricales von Sehnen entspringen! — Das Ligamentum piso-uncinatum kann ebenfalls als eine Fortsetzung der Sehne des M. plexor carpi ulnaris angesehen werden, erscheint aber naturgemässer als ein Retinaculum des Os pisiforme und kommt als solches namentlich bei der Ulnarflexion der Hand zur Geltung. — Die kleine Gelenkverbindung des Os pisiforme mit dem Os triquetrum bietet als eine allseitig in geringem Maasse bewegliche Amphiartrose in mechanischer Beziehung wenig besonderes Interesse.

Ein anderes ist es mit der Kniescheibe. Zwar ist dieselbe ebenfalls,

wie das Os pisiforme, in eine Sehne eingefügt; auch bildet sie, wie die Sesambeine der grossen Zehe, einen Theil einer im Ganzen concaven Fläche, auf welcher sich eine gegenüberliegende convexe Gelenkfläche bewegt; aber sie zeigt doch in mechanischer Beziehung zusammengesetztere Verhältnisse und, was ihr ein besonderes Interesse verschafft, es knüpfen sich an diese Verhältnisse einige sehr wichtige principielle Fragen über die allgemeinen Gestaltungsgesetze des Organismus. Die Articulationsfläche der Kniescheibe giebt uns nämlich einen lehrreichen Hinweis auf die Gesetze der Bildung der Gelenkflächen überhaupt — und die Fixirungsart derselben giebt werthvolle Beiträge zur Beurtheilung der Stellung des fibrosen Gewebes.

Die Bildung des Patellar-Gelenkes im Allgemeinen. — Genauere Vergleichung der beiden in der Femur-patella-Articulation sich berührenden Flächen, lässt sogleich die auffallende Thatsache erkennen, dass diese beiden Flächen nicht congruent sind, indem beide in der Richtung der Bewegungsebene convex sind. An dem Kiefergelenke finden wir zwar ein ähnliches Verhältniss zwischen dem Condylus mandibulae und dem Tuberculum transversum der Schläfenschuppe, und ebenso zeigt sich ähnliches zwischen dem Femur und der Tibia; aber in beiden Fällen wird diese Incongruenz durch die Einschaltung eines Meniskus ausgeglichen, so dass genau genommen die beiden Flächen nicht unter sich articuliren, sondern eine jede derselben für sich mit dem Meniskus. — Die im Ganzen convexe Gelenkfläche der Patella bewegt sich dagegen auf der convexen Rolle (trochlea) des Femur ohne eine solche ausgleichende Zwischenschaltung. Man könnte in diesem Verhältnisse einen Widerspruch gegen das Gesetz erkennen, dass einander gegenüberliegende Gelenkflächen unter Mitwirkung der Zugrichtung der Muskeln sich in ihrer Gestaltung gegenseitig bedingen (vgl. meine *Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes* S. 89—90); dennoch aber giebt die genauere Analyse der Articulationsflächen sowohl der Patella als des Femur eine sehr überzeugende Bestätigung dieses Gegensatzes, indem sich durch Hülfe derselben erkennen lässt, dass gerade diese Besonderheiten der beiden Gelenkflächen nur auf deren gegenseitige Accommodation zurückzuführen sind.

Nehmen wir vorläufig auf eine später zu besprechende Modification keine Rücksicht, so bietet uns die mit der Patella articulirende Trochlea femoris in ihrer maassgebenden vertieften Führungslinie (Rinne, sulcus) einen Kreisbogen von 110°; der Radius des Kreises beträgt circa 2^{cm}; die Bewegungsgrösse des Kniegelenkes beträgt dagegen etwa 150°. Sollte nun für diese ganze Bewegungsgrösse die Patella mit einer entsprechenden Hohlfläche stets der Trochlea anliegen, so müsste nach dem Gesetze über das Grundmaass der in einem Gelenke möglichen Bewegung (vgl. mein *Lehrbuch der Anatomie*, III. Auflage, S. 51) der Bogenwerth dieser gedachten

Patellar-Hohlfläche 110° weniger 150°, also minus 40° sein. Man sieht hieraus sogleich, dass die Annahme einer Congruenz der Patella-Gelenkfläche mit der Trochlea zu einer Absurdität führt.

Nehmen wir nun für die extremsten Stellungen in der Beugung und in der Streckung des Knie's eine gleichmässige Lagerung der Patella zu der Trochlea an, so beweist der angegebene Unterschied zwischen der Bewegungsgrösse des Kniegelenkes und dem Bogenwerth der Trochlea, dass der Mittelpunkt der Patella-Gelenkfläche die Grenzen der Trochlea für die Erreichung der beiden extremsten Stellungen um je circa 20° überschreiten muss, und hieraus folgt wieder, dass in der stärksten Streckung der untere Randtheil der Patella-Gelenkfläche auf dem oberen Rande der Trochlea liegen muss und in der stärksten Beugung der obere Randtheil der Patella-Gelenkfläche auf dem unteren Rande der Trochlea.

Es ist indessen wohl in Rücksicht zu ziehen, dass die Bewegungsrichtung der Patella nicht allein von ihrer Führung durch die Trochlea abhängig ist, sondern dass sie vorzugsweise durch die Strecksehne des Knie's bestimmt wird, welche die Trochlea überschreitet und bei Beugungsstellung durch diese in ihrer Richtung abgelenkt wird. Die Richtung des oberen Theiles der Sehne muss also immer durch eine Linie bestimmt werden, welche von der Spina anterior inferior des Hüftbeines als dem Ursprungspunkte des M. rectus femoris ausgehend die Peripherie der Trochlea tangential trifft; und ebenso muss die Richtung des unteren Theiles der Strecksehne durch eine Linie bestimmt werden, welche von der Tuberositas tibiae als dem Insertionspunkte der Sehne ausgehend von unten hier die Peripherie der Rolle als Tangente berührt. Die gegenseitige Entfernung dieser beiden Berührungspunkte der beiden Tangenten bestimmt dann diejenige Strecke der Trochlea, welche mit der Sehne in wirklicher Berührung steht. Je kleiner (spitzer) der Winkel zwischen den beiden Tangenten ist, um so grösser muss, wie leicht zu ersehen, diese Strecke sein; im Allgemeinen würde also bei der Streckung diese Strecke kleiner sein, grösser aber bei der Beugung. Indessen kann die Grösse dieser Berührungsfläche der Strecksehne nicht in dem gleichen Verhältniss zunehmen, wie der Beugungswinkel des Knie's, weil in dem Verhältnisse der Zunahme der Beugung auch der untere Theil der Strecksehne (das „Ligamentum patellae“) sich nach rückwärts neigt, sodass deren oberes Ende und mit diesem die Patella in einer Kreisbewegung, deren Mittelpunkt die Tuberositas tibiae ist, nach hinten und unten geführt wird. Aus diesem Grunde ist auch die Neigung zwischen den beiden Theilen der Strecksehne und damit der oben erwähnte Tangentenwinkel in der Beugungsstellung des Knie's erheblich grösser, als der Winkel zwischen den Axen des Oberschenkels und des Unterschenkels; während nämlich dieser letztere bei einer Beugungsstellung von 150° auf 30° zu setzen ist, beträgt

der Winkel zwischen den beiden Theilen der Strecksehne 80°—90°, was auf einen Centrumswinkel von 90°—100° hinweist; — ein Bogen von derselben Grösse (90°—100°) an der Trochlea wird also die Grösse der Berührungsstelle der Sehne mit der Trochlea im Maximum der Beugestellung andeuten, und ebensoweit werden die Punkte von einander entfernt sein, an welchen sich die beiden tangential angelegten Sehnenstücke von der Berührung mit der Trochlea loslösen. Da nun aber der Bogenwerth der Trochlea circa 110° beträgt, so muss in der Beugestellung ein klaffender Winkel zwischen dem unteren Theile der Trochlea und dem von der Trochlea weggehenden Ligamentum patellae bleiben. Soll nun die Patella, von der eben gefunden wurde, dass sie in der Beugestellung mit ihrem Mittelpunkte den unteren Rand der Trochlea überschritten hat, unter solchen Verhältnissen noch mit der Trochlea in Berührung sein, so muss die Gestalt ihrer oberen Hälfte diesem entsprechen, d. h. sie muss so gestaltet sein, dass sie diesen Winkel ausfüllt, nämlich dünn an dem oberen Rande und dicker in ihrer Mitte. — In ähnlicher Weise verhält es sich in der Streckstellung mit der unteren Hälfte der Patella, und es muss deshalb auch die untere Hälfte an ihrem Rande dünner sein und gegen die Mitte hin dicker werden. — Es sei übrigens bemerkt, dass die soeben gegebene Entwickelung nur auf mässige Beuge- oder Streckstellung zu beziehen ist, in den extremsten Stellungen beider Art ist die Patella beinahe ganz ausser Berührung mit der Trochlea.

Auf diese Weise erklärt es sich, warum die Gelenkfläche der Patella durch einen queren prominirenden Wulst in eine obere und eine untere Hälfte getheilt wird. Rechnet man nun noch hinzu, dass ein der Rinne der Trochlea entsprechender senkrechter Wulst die ganze Gelenkfläche der Patella auch noch in zwei seitliche Hälften theilt, so hat man damit die Theilung der Gelenkfläche durch eine kreuzförmige Erhabenheit in vier Felder. Jedes dieser Felder kann man für sich allein bezeichnen als oberes inneres, unteres äusseres u. s. w.; — oder man kann sie, da sie sich in verschiedenem Sinne paarweise gruppiren, auch paarweise bezeichnen als äusseres Doppelfeld, oberes Doppelfeld u. s. w.

Genauere Zerlegung des Femur-Patella-Gelenkes. — Nach dem bisher Entwickelten ist die Gestalt der Patella im Allgemeinen so aufzufassen, dass deren oberes Doppelfeld durch eine Accommodation an den unteren Theil der Trochlea entsteht und das untere Doppelfeld durch eine Accommodation an den oberen Theil der Trochlea. Es bleibt nun noch weiter zu untersuchen, in welcher Weise die Möglichkeit zu gegeben ist, dass in einem jeden Stadium der Beugung, beziehungsweise der Streckung, stets wenigstens ein Theil der Gelenkfläche in genauer Berührung mit einem entsprechenden Theile der Trochlea sich befindet, und in welchem Stadium der Bewegung welcher Theil eine solche erfährt; denn dass niemals die ganze

Patella-Gelenkfläche zugleich mit der Trochlea in Berührung sein kann, ergiebt sich aus der incongruenten Gestalt beider Flächen von selbst. Ferner ist auch noch das Verhalten der Patella in den beiden extremsten Stellungen der Beugung und der Streckung zu untersuchen.

Hierfür ist es indessen nothwendig, die Gelenkfläche der Patella erst noch genauer einzutheilen und gewissen Gestaltungen der beiden Condylen Aufmerksamkeit zu schenken.

Die Gelenkfläche der Patella (vgl. Fig. 1) wird zunächst durch einen in querer Richtung verlaufenden gerundeten Wulst (*1*) in eine obere und eine untere Hälfte zerlegt; indem dieser Wulst den senkrecht herablaufenden in die Rinne der Trochlea passenden Wulst (*a*) durchschneidet, bildet er mit diesem die kreuzförmige Erhabenheit, welche die Gelenkfläche in die vier vorher erwähnten Felder (*2a* u. *b* und *4a* u. *b*) theilt. Gegen den inneren Rand hin fällt dieser Querwulst beträchtlich nach unten ab, sodass dadurch das obere innere Feld, namentlich in dem mit *3a* und *b* besonders bezeichneten Theile, bedeutend höher und grösser ist als das untere innere Feld (*4b*). Dieser Theil des oberen inneren Feldes bildet eine scharf gezeichnete Doppelfacette, welche durch eine zwischen *2b* und *3a* vorspringende Leiste abgetrennt und durch eine andere Leiste noch éinmal in einen grösseren Theil (*3a*) und einen kleineren Randtheil (*3b*) geschieden wird. — Von dem unteren Doppelfelde (*4a* u. *b*) ist noch ein schmaler unterer Randtheil (*5a* u. *b*) durch einen leichten Wulst abgetrennt; — manchmal ist dieser Theil (*5a* u. *b*) etwas breiter und durch einen bemerklicheren Wulst gegen *4a* und *b* abgegrenzt; in diesem Falle sieht man dann zwei Querwülste auf der Gelenkfläche, in anderen Fällen dagegen ist die Scheidung der beiden Theile (*4a* u. *b* und *5a* und *b*) nur durch eine gerundet vorspringende Abknickungslinie gegeben, denn die Fläche *5a* und *b* ist gegen die Fläche *4a* und *b* in einem nach innen (gegen die Femur hin) ausspringenden Winkel abgebogen. In ähnlicher Weise, nur durch Knickung der Fläche, sind öfters auch die drei Theilstücke (*2b*, *3a* u. *3b*) von einander geschieden und deswegen manchmal schwierig als besondere Flächen zu erkennen.

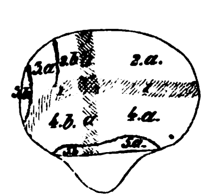


Fig. 1.
Eintheilung der Gelenkfläche der Patella. Für den Zweck leichterer Vergleichung mit den folgenden Zeichnungen ist die Gelenkfläche einer rechten Patella, im Folgenden aber das Gelenkende einer linken gewählt, — oder, wenn man will, ist in dieser Figur eine linke Patella durchsichtig gedacht.

Alle diese einzelnen Theile der Patellagelenkfläche gewinnen ihre besondere Bedeutung, weil in regelmässiger Reihenfolge immer einige derselben mit der Trochlea oder deren Fortsetzung auf die Condylen in con-

gruenter Berührung stehen. Die Bahn der Patella beschränkt sich nämlich nicht allein auf die Trochlea, sondern greift auch auf die der Fossa intercondylica zugewendete Seite beider Condylen über, so dass also die Gelenkfläche eines jeden Condylus in zwei Theile zerfällt, nämlich in den Haupttheil, welcher mit der Tibia und dem Semilunarknorpel articulirt und in einen kleineren der Fossa intercondylica zugewendeten Theil, welcher als Fortsetzung der Trochlea erscheint (vgl. Fig. 2). Von den als Bahnen für die Patella dienenden Flächen der Condylen ist diejenige des äusseren Condylus (*a*) eine dreieckige breite Fläche, welche abgeschrägt gegen die Fossa intercondylica hin abfällt; näher dieser letzteren ist allerdings die Continuität dieser Fläche mit derjenigen der Trochlea durch die dem Drucke der Cartilago semilunaris externa entsprechende Rinne (*b*) gestört, indessen ist doch weiter nach Aussen die Continuität dadurch erkennbarer, dass an der Stelle (*) diese Rinne seichter ist und erst an dem äusseren Rande (*b'*) wieder schärfer hervortritt; — die seichtere Stelle (*) ist diejenige, an welcher in der Beugebewegung der Rand der Patellagelenkfläche die Rinne überschreitet. — An dem inneren Condylus ist die betreffende Stelle (*a'*) ebenfalls eine dreieckige Fläche; dieselbe steht aber in ungestörter Continuität mit der Fläche der Trochlea und ist schärfer gegen die übrige Gelenkfläche abgesetzt, als dieses bei derjenigen des äusseren Condylus der Fall ist; — die dem Drucke der Cartilago semilunaris interna entsprechende Rinne an dem vorderen Ende des inneren Condylus (*b'*) ist deshalb auch nur in der Nähe des inneren freien Randes deutlich sichtbar und verflacht sich allmählich gegen die Fossa intercondylica hin, bis sie in der Fläche *a'* ganz verschwindet; allerdings wird auch wegen der Gestalt der inneren Cartilago semilunaris keine andere Stelle als jene bei *b'* dem Drucke derselben ausgesetzt.

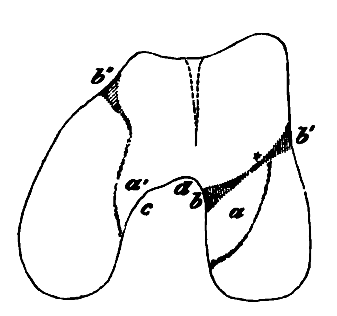


Fig. 2.

Skizze über die Fortsetzung der Rutschbahn der Patella auf die Condylen.
c) Druckfläche der Eminentia intermedia tibiae.
d) Druckfläche des Lig. cruciatum anterius.

Die durch die beiden so eben beschriebenen Flächen an den beiden Condylen gegebenen Ergänzungen der Rutschfläche der Patella zerfallen zwar entsprechend gewissen früher bezeichneten Theilen der Patella-Gelenkfläche in Unterabtheilungen. Um aber jetzt nicht auf zu viele Einzelheiten eingehen zu müssen, sei die Angabe derselben einstweilen für später zurückgestellt.

Die Bewegung der Patella auf ihrer Rutschbahn. —



Berührungen der Patella mit ihrer Rutschbahn gegen die extremsten Beuge- oder Streckstellungen hin immer verwickelter werden, während sie in den mittleren Stadien der Bewegung einfachere sind, so erscheint es angemessen, von einer solchen mittleren Stellung ausgehend die Bewegung der Patella bei der Beugung und bei der Streckung einzeln zu untersuchen.

Der passendste Ausgangspunkt hierfür ist die mit *1* bezeichnete Zone der Trochlea (Fig. 3). Mit dieser ist in einem mittleren Beugungsstadium des Kniegelenkes der in Fig. 1 gleichfalls mit *1* bezeichnete Wulst der Patella-Gelenkfläche in congruenter Berührung, und kein anderer Theil der Patella berührt irgend einen anderen Theil der Trochlea. Im Allgemeinen lässt sich nun sagen, dass mit dem Theile der Trochlea unterhalb dieser Zone das obere Doppelfeld der Patella articulirt und mit dem Theile der Trochlea oberhalb derselben das untere Doppelfeld der Patella. — Die ganze Bewegung der Patella aus der Streckstellung in die Beugestellung geschieht also in ihren Grundzügen in der Weise, dass zuerst das untere Doppelfeld der Patella über den oberen Theil der Trochlea gleitet, bis der Querwulst die Zone *1* erreicht hat, — und dass dann eine Art von Umkippen um den Querwulst stattfindet, wodurch das obere Doppelfeld der Patella in den Stand gesetzt ist, über den unteren Theil der Trochlea hinabzugleiten. — In dieser Bewegung sind also drei Phasen der Berührung der Patella mit der Trochlea zu unterscheiden, nämlich: 1) Anlagerung des unteren Doppelfeldes, 2) Anlagerung des Querwulstes, 3) Anlagerung des oberen Doppelfeldes. — Für die Bewegung aus der Beugestellung in die Streckstellung sind natürlich dieselben drei Phasen zu unterscheiden, nur in der umgekehrten Ordnung.

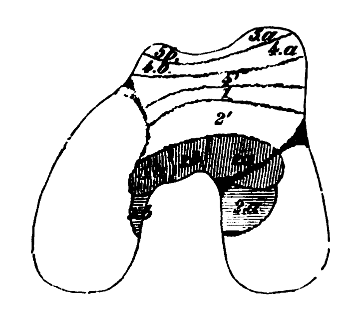


Fig. 3.
Schema für den Wechsel der Berührung der beiden Haupttheile der Patella-Gelenkfläche mit der Trochlea.

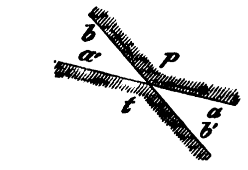


Fig. 4.
Eintheilung der Rutschbahn der Patella nach der Art der Berührung mit derselben.

Man hat sich indessen das oben mit einem „Umkippen“ verglichene Uebergangsstadium nicht als eine schroffe kippende Bewegung der Patella vorzustellen. Der Uebergang aus der ersten Phase in die dritte kann vielmehr ganz allmählich ohne Erschütterung geschehen, wie obenstehendes Schema (Fig. 4) belehrt, an welchem für klarere Darlegung des Princips die beiden Gelenkflächen der Trochlea (*t*) und der Patella (*p*) so dargestellt

sind, als ob sie in der Zone *1* sich mit einer scharfen Kante berührten. Man sieht an diesem Schema, dass, wenn die Patellafläche (*a*) über die Trochleafläche (*a'*) so weit geglitten ist, bis die beiden Kanten sich berühren, ein Weitergleiten der Patellafläche (*b*) auf der Trochleafläche (*b'*) ohne ein eigentliches Umkippen möglich ist. Durch die kreisrunde Gestalt des Durchschnittes der Trochlea und durch die gerundete Gestalt des Querwulstes wird indessen der Uebergang aus der einen Bewegung in die andere sanfter vermittelt, als es hier im Schema dargestellt ist.

Verfolgt man nun von jener Zone (*1*) ausgehend die Bewegungen der Patella nach unten, so findet man zuerst ein allmähliches Hinabgleiten des oberen Doppelfeldes der Patella-Gelenkfläche auf die mit *2'* bezeichnete Zone (Fig. 3); hierbei liegen aber nur die beiden Facetten (*2a* und *2b*) so wie der zwischenliegende Theil des senkrechten Wulstes (*a*) in congruenter Berührung mit der Trochlea; die beiden Facetten (*3a* und *3b*) überragen frei den inneren Rand der Trochlea. Erst wenn der Querwulst die vordere Grenze der Fossa intercondylica überschritten hat, schliesst sich die Facette (*3a*) an die äussere (der Fossa intercondylica zugewendete) Seite des inneren Condylus an und zwar an den Anfangstheil der Fläche *a'* in Fig. 2.; die Facette (*3b*) bleibt aber dann noch frei nach innen überragend, und der senkrechte Wulst (*a*) hat seine Berührung mit der Trochlea verloren; es liegen jetzt nur die drei Facetten (*3a*, *2b* und *2a*) an der Rutschbahn an; vgl. Fig. 3 die senkrecht schraffirte Stelle, an welche die Anlagerungsstellen dieser drei Facetten mit gleicher Bezeichnung angegeben sind; *3a* liegt auf dem Condylus internus, *2b* noch auf der Trochlea und *2a* theils auf der Trochlea, theils auf dem Condylus externus. — In noch weiter fortgesetzter Beugung kommt zuletzt die kleine Facette (*3b*) auf den Spitzentheil der Fläche *a'* (Fig. 2) zu liegen und die Facette (*2a*) auf den Condylus externus (Fläche *a* in Fig. 2); alle übrigen Theile der Patellagelenkfläche liegen hohl; vgl. Fig. 3 die wagerecht schraffirten Stellen. Die Patella liegt also zuletzt in der stärksten Beugung nur mit ihrer Facette (*2a*) auf den Condylus externus und stützt sich mit der kleinen Randfacette (*3b*) an den Condylus externus, die Fossa intercondylica frei überbrückend.

Verfolgt man dagegen die Bewegung der Patella von der Zone *1* aus nach oben, so sieht man zuerst die beiden Facetten (*4a* und *4b*) allmählich über die mit *4'* bezeichnete Fläche hinrutschen und zuletzt in vollständig congruenter Deckung auf den gleichnamig bezeichneten Stellen des obersten Theiles der Trochlea liegen; die Facetten (*5a* und *5b*) sind aber dabei ausser Berührung mit der Trochlea. In dem letzten Theile der Streckung überschreiten die Facetten (*4a* und *4b*) den oberen Rand der Trochlea und liegen in der Fovea supratrochlearis; dagegen aber legen sich die beiden kleinen Randfacetten (*5a* und *5b*) dem oberen Rande der Trochlea an.

Die Schlussrotation des Kniegelenkes und deren Einfluss auf die Articulation der Patella. — Der obere Theil der Trochlea und damit in unmittelbarem Zusammenhange der untere Theil der Patella-Gelenkfläche zeigt indessen noch ein beachtenswerthes Verhältniss. Vergleicht man nämlich den Winkel, in welchem die beiden durch den senkrechten Wulst geschiedenen seitlichen Doppelfelder der Patella gegen einander gestellt sind, so findet man, dass dieser Winkel in dem unteren Theile der Patella ein ungleich grösserer ist als in dem oberen Theile, und diesem entsprechend zeigen auch die beiden Seitenflächen der Trochlea in deren oberem Theile eine Convergenz gegen die zwischen ihnen liegende Linie unter einem grösseren Winkel, als dieses an deren unterem Theile der Fall ist. — Der Unterschied betrug in einem speciellen Falle 15° (138° im oberen Theile der Trochlea und 123° im unteren Theile derselben). Ein Gipsausguss des unteren Theiles der Trochlea kann deswegen von unten her über die ganze Trochlea bis zu deren oberem Ende geführt werden, aber er füllt dieselbe hier nicht mehr aus. Führt man einen solchen Ausguss der äusseren Fläche der Trochlea hinauf, d. h. so, dass er bis zu Ende mit dieser Fläche in Berührung bleibt und die mangelhafte Ausfüllung der Trochlea sich durch Abheben des Ausgusses von der inneren Trochleafläche kund giebt, so bemerkt man, dass der Charakter des äusseren Theiles der Trochlea in seiner ganzen Länge derselben bleibt, indem der an dem unteren Theile genommene Gipsausguss bis zuletzt mit demselben in congruenter Berührung bleibt. Ganz in der gleichen Weise findet man auch, dass der innere Theil der Trochlea durchaus den gleichen Charakter besitzt, indem der Gipsausguss, an der inneren Fläche der Trochlea hinaufgeführt beständig mit dieser in congruenter Berührung bleibt; dabei hebt sich indessen der äussere Theil desselben von dem äusseren Theile der Trochlea ab. — Beide Versuche gelingen übrigens in gleicher Weise, wenn man statt eines Gipsausgusses des unteren Theiles der Trochlea den oberen Theil der Patella selbst dazu benuzt. Diese Thatsachen beweisen, dass die Verflachung des oberen Theiles der Patella nicht in einer Aenderung des Charakters der Gelenkflächen begründet ist, sondern zunächst nur in einer Vergrösserung des Winkels, in welchem der äussere und der innere Theil derselben zusammenstossen. Auf diesem Verhältniss beruht indessen die Verflachung des oberen Theiles der Trochlea nicht allein, sondern sie findet noch in einem anderen Umstande Erklärung.

Giebt man nämlich dem Gipsausguss des unteren Endes der Trochlea an seinem oberen Rande eine glatte Schnittfläche und bezeichnet auf dieser einen möglichst in der Mitte des senkrechten Wulstes liegenden Punkt, so kann man mit dem so hergerichteten Präparate eine weitere Belehrung über die Ursache der Verflachung des oberen Theiles der Trochlea erhalten.

Man verschiebt nämlich diesen Ausguss, wie in dem oben angegebenen Versuche über die Trochlea nach oben, und zwar indem man das eine Mal der äusseren Fläche der Patella folgt und das andere Mal der innern Fläche der Patella. Bei jeder dieser Verschiebungen bezeichnet man auf der Trochlea den Weg, welchen der auf der Schnittfläche des Gipsausgusses eingetragene Punkt beschreibt. Man erhält dadurch für eine jede der beiden Arten von Verschiebung eine in der Tiefe der Rinne gelegene Linie, welche deren Richtung angiebt, und man findet, wenn man diese Linien untersucht, dass in der Mitte der Höhe der Trochlea, also in der Höhe der Zone *1* in Fig. 3 beide Linien zusammenfallen, von dieser Stelle aus aber nach oben gleichmässig divergiren, so dass sie an dem oberen Rande der Trochlea einen Abstand um circa 5^{mm} von einander zeigen (vgl. die punktirten Linien in Fig. 2). Es nimmt also an der Verflachung des oberen Randes der Trochlea nicht nur die Vergrösserung des Convergenzwinkels der beiden Seitenflächen Theil, sondern auch eine Verbreiterung des tiefsten Theiles der Führungsrinne.

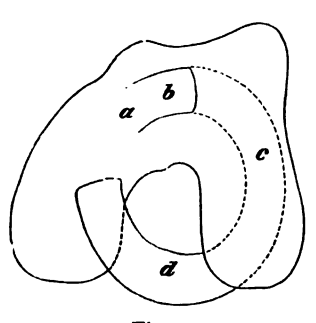


Fig. 5.

Darstellung des mathematischen Körpers, welcher für die Schlussrotation des Kniegelenkes führend ist.
a) **Rotationsfläche auf dem inneren Condylus.**
b) **Fortsetzung über den inneren Theil der Trochlea.**
c) **Fortstzeung durch den äusseren Condylus.**
d) **Hervortreten in die Fossa intercondylica und Rückkehr auf den inneren Condylus.**

Der Grund für diese besondere Gestaltung des obersten Theiles der Trochlea ist unschwer zu erkennen. Sie ist nämlich auf die die Kniestreckung abschliessende Schlussrotation zurückzuführen. Es ist zwar nicht zu verkennen, dass schon während des Hauptheiles der Streckbewegung der innere Condylus eine rotatorische Bewegung erfährt, indessen tritt diese Rotation doch erst als Schlussact der Streckbewegung mit Entschiedenheit auf, so dass eine Schematisirung der Kniestreckung in eine beiden Condylen gemeinsame reine Streckbewegung und eine Schlussrotation, wie ich dieses zuerst (Müller's *Archiv*, 1853 S. 501) aufgestellt habe, immer noch die einfachste und übersichtlichste Auffassung der Kniestreckung gewährt. Ich habe damals als Axe für die Schlussrotation eine Linie bezeichnet, welche in schräg nach aussen und unten gehender Richtung aus der Fossa intercondylica durch den Condylus externus der Tibia dringt. Ich bin jetzt im Stande diese Angabe nicht nur zu bestätigen, sondern sie auch noch näher zu begründen.

Nach meiner Methode der Fortführung von Gelenkflächen für den Zweck ihrer genaueren Bestimmung habe ich nämlich den der Schlussrotation

dienenden vorderen Theil des inneren Condylus ergänzt und ihn dadurch als Theil einer kreisrunden Bahn von ungefähr 2 cm Breite erkannt. Der Halbmesser der äusseren Peripherie dieser Bahn beträgt etwa 3 cm. — Die Fläche der Bahn ist so geneigt, dass sie den Eindruck einer Kugelzone macht, deren kleinere Peripherie gegen unten und aussen sieht. Die Bahn durchbohrt den äusseren Theil der Trochlea und kehrt durch den hintersten Theil des äusseren Condylus nach ihrem Ausgangspunkte am inneren Condylus zurück; sie scheint jedoch mit dem zurückkehrenden Ende etwas tiefer zu bleiben und deshalb einen mehr spiraligen (schraubenartigen) Verlauf zu besitzen. Die Axe zu dieser Bahn ist übereinstimmend mit meiner früheren Angabe gelegen. — Könnte die Schlussrotation unbestimmt fortgesetzt werden, so würde demnach der äussere Theil der Trochlea in den Condylus internus tibiae hineingedrückt werden.

In dem Augenblicke der Schlussrotation führt also der äussere Rand der Trochlea eine Bewegung nach vorn, innen und unten aus; die äussere Trochleafläche muss dadurch an die äussere untere Facette (*4a*) der Patella angedrängt werden. Die Folge hiervon ist, wenn wir wieder, wie bisher, die Patella als das Bewegte denken, dass diese Facette stärker auf den äusseren Theil der Trochlea hinaufgeschoben wird, während zu gleicher Zeit der nach hinten, innen und unten zurückweichende innere Theil der Trochlea von der inneren unteren Facette (*4b*) der Patella abgehoben wird. hierdurch erklärt sich in genügender Weise die quere Abflachung des oberen Theiles der Trochlea. Bemerkenswerth ist dabei, dass der obere Rand der Trochlea, über welchen hin diese Verschiebung geschieht, in einer Linie begrenzt ist, welche parallel der Rotationsebene der Schlussrotation gelegen ist. — Die kleinen Flächen (*5a* und *5b*) an dem unteren Rande der Patella bezeichnen dann die Stelle, mit welcher in der stärksten Streckung die Patella auf den oberen Rand der Trochlea drückt.

Die Bewegung des äusseren Theiles der Trochlea nach innen muss aber auch zu gleicher Zeit die ganze Patella gegen innen drücken und dadurch entsteht die mehrfach besprochene winkelige Richtungsabweichung zwischen dem oberhalb und dem unterhalb der Patella gelegenen Theile der Strecksehne. — Erst die Schlussrotation der Streckbewegung bringt diese auf die angegebene Weise zu Stande. — Diese Verdrängung der Patella hat aber noch eine andere Folge. Indem nämlich der unterhalb derselbeu gelegene Theil der Strecksehne (das sogenannte Ligamentum patellae) dadurch aus einer senkrechten in eine nach innen geneigte Lage gebracht wird, senkt sich die Patella auch etwas auf dem vorgeschobenen äusseren Theile der Trochlea und deswegen erscheint auch die äussere Druckfacette (*5a*) breiter als die innere (*5b*).

Während des letzten Actes der Streckung und besonders während der

Schlussrotation ist also der äussere Theil der Trochlea vorzugsweise führend für die Patella. Sobald indessen als Anfang der Beugung die Schlussrotation aufgehoben wird, drängt sich die innere Facette (*4b*) der Patella wieder an den inneren Theil der Trochlea und dieser wird dann für den Anfang der Beugung vorzugsweise führend.

Wir finden, wenn wir das bisher Besprochene überblicken, in der anscheinend so sehr complicirten Gelenkfläche der Patella ein äusserst interessantes Beispiel dafür, wie die Gelenkflächen durch den Gebrauch gewissermassen modellirt werden, indem es uns, wie dies in dem Obigen gezeigt wurde, möglich ist, die Gestaltungen der einzelnen Theile der Patellagelenkfläche und der Trochlea, so wie diejenige gewisse Theile der Condylen von der Einwirkung der verschiedenen Formen der Berührung während der Bewegungen und in den Ruhelagen abzuleiten. — Das Interesse, welches diese Thatsache als Beitrag für die principielle Frage nach der Ursache der Gestaltung der Gelenkfläche gewährt, mag die obige, Manchem vielleicht zu weitläufig erscheinende Auseinandersetzung motiviren.

Die Fixirung der Patella kommt durch verschiedene Hülfsmittel zu Stande.

Zunächst ist sie durch ihre Verbindung mit der Musculatur fixirt und zwar einestheils durch ihre Einfügung in die Strecksehne und anderentheils durch ihre Verbindung mit dem von mir als Ligamentum ileo-tibiale beschriebenen Apparate; — sodann erfährt sie in tieferer Lage eine, wenn auch schwache, Fixirung durch einzelne Theile der Gelenkkapsel des Knie's, und zuletzt noch eine oberflächliche Fixirung durch die der Fascien angehörigen Ligamenta flabelliforma.

Bekanntlich wird die Gruppe der Streckmuskeln, welche man auch wohl als einen einzigen Muskel auffasst und als solchen M. quadriceps femoris nennt, aus vier einzelnen Elementen gebildet, welche sich alle zu der gemeinsamen Strecksehne vereinigen, die als Ligamentum patellae beschrieben zu werden pflegt. Wenn man sagen will, die Patella sei in die Strecksehne eingefügt, so hat man insofern Recht, als die Strecksehne als ein einheitlicher Strang von ihr zur Tuberositas tibiae reicht, — insofern indessen hat man wiederum nicht Recht, als die Sehne oberhalb der Patella noch nicht als einheitliche Sehne gebildet ist. Will man die Einfügungsstelle der Patella genauer bezeichnen, so kann man sagen, dass sie an derjenigen Stelle eingefügt ist, an welcher die vier Muskelelemente zusammentreten, um die gemeinsame Sehne zu bilden, und in diesem Umstande findet

denn auch die geläufige Beschreibung eine gewisse Berechtigung, nach welcher jene Muskeln sich an die Patella inseriren.

Die Art der Verbindung der beiden M. vasti mit der Patella hat indessen doch noch gewisse Eigenthümlichkeiten, welche noch besonders hervorzuheben sind, während die Sehne des M. cruralis und des M. rectus femoris, welche sich gemeinsam an dem oberen Rande der Patella anheften, nichts Besonderes darbieten. — Der M. vastus externus besitzt zweierlei Elemente, nämlich erstens quer gehende Elemente, welche von der Linea aspera entspringend sich der Mehrzahl nach an die Sehne des M. cruralis anheften und zweitens longitudinale Elemente, welche in der Gegend des Trochanter major entspringen und gegen unten von einer breiten und starken Insertionsaponeurose bedeckt sind, die zum Theil mit dem hinteren Rande des Ligamentum ileo-tibiale verschmolzen ist. Dieses letztere Element, welches in der Ansicht von aussen durch den verschiedenen Faserverlauf sich sehr deutlich von dem ersteren Elemente abzeichnet, ist es allein, welches dem zweiten Kopfe des M. triceps brachii verglichen werden kann, während das erste Element in Gemeinschaft mit dem M. cruralis und dem M. vastus internus das Analogon des dritten Kopfes dieses Muskels darstellt. — In der inneren Seite des longitudinalen Elementes befindet sich ein sehniger Randstreifen, welcher frei oder nur lose angeheftet auf der Insertionsaponeurose des M. cruralis liegt, sich aber in der Nähe der Patella mit dieser und mit der Sehne des M. rectus femoris fast vereinigt. Im Uebrigen setzt sich seine Sehne ebenfalls an den oberen Rand der Patella an; indessen geht doch ein Theil ihrer Fasern an dem äusseren Rande der Patella vorbei unmittelbar in den äusseren Rand des Ligamentum patellae über.

Der M. vastus internus setzt sich mit seinen hinteren Theilen, so weit er sich nicht mit der Insertionsaponeurose des M. cruralis verbindet, an den inneren Rand der Patella an, — der vordere Theil des inneren Randtheiles geht aber, worauf ich schon früher (Müller's *Archiv*, 1853 S. 515) aufmerksam machte, an der Patella vorbei, um sich mit einer breiten Sehnenplatte direct an die Tibia anzuheften und zwar in einer Linie, welche von dem unteren (tibialen) Anheftungspunkte des Ligamentum laterale internum genu gegen die tuberositas tibiae gezogen werden kann. Von denjenigen Fasern, welche diese Insertion finden, geht ein Theil in Gestalt frei liegender rundlicher Bündel über die vordere Fläche der Patella näher deren innerem Rande hinab. Diese Art der Anheftung des M. vastus internus hat eine entschiedene Aehnlichkeit mit der breiten Sehnenplatte, mit welcher sich der M. triceps brachii unterhalb des Olekranon an die Ulna ansetzt und den ganzen M. anconaeus quartus zudeckt. — Es darf füglich die Frage aufgeworfen werden, ob nicht dieser direct zur Tibia gehende Theil des M. vastus internus durch seinen Zug die Schlussrotation der Kniestreckung

bewirken oder doch wenigstens unterstützen kann und ob nicht die Anheftung des anderen Theiles desselben Muskels die Verschiebung der Patella in der Schlussrotation directer herbeiführen kann.

Die Beziehungen des Ligamentum ileo-tibiale zu der Patella darf ich als aus meinen früheren Beschreibungen (Müller's *Archiv*, 1853 S. 33 u. 515 und *Lehrbuch der Anatomie*) bekannt voraussetzen. Ich mache nur noch besonders darauf aufmerksam, dass dieser Apparat ein sehr mächtiges retinaculum patellae externum darstellt, welches namentlich in der Beugestellung einen starken fixirenden Zug auf die Patella ausübt und dadurch ohne Zweifel eine Hauptursache dafür wird, dass die Patella in der Beugung vorzugsweise auf dem Condylus externus femoris liegt, dem Condylus internus aber nur an dessen äusserer (der Fossa intercondylica zugewendeten) Seite anliegt. — Da dieser Apparat die ganze Sehne des M. tensor fasciae latae und einen Theil der Sehne des M. glutaeus maximus enthält, so muss die Einwirkung auch dieser Muskeln auf die Patella unbedingt anerkannt werden.

Die Gelenkkapsel des Kniegelenkes ist an der vorderen Seite desselben höchst unbedeutend und so dünn, dass man bei flüchtiger Untersuchung sogar auf die Meinung kommen kann, sie fehle gänzlich und werde durch die das Gelenk überdeckenden Muskeln ersetzt. Genauere Untersuchung lässt indessen eine deutlich ausgesprochene fibrose Kapsel erkennen und gerade die Dünne der Kapsel ist besonders geeignet, zu zeigen, dass die Faserrichtungen in einer Gelenkkapsel nicht zufällige Bildungen sind, sondern durch die Zugrichtung bestimmt werden, so dass wir sogar selbst die Hülfsbänder der Gelenke nur als Producte der Spannung und des Zuges ansehen dürfen. Ich muss mir zwar vorbehalten, diesen Satz bei einer späteren Gelegenheit weiter auszuführen und zu begründen, indessen kann ich für jetzt wenigstens soviel andeuten, dass diese Auffassung uns in dem fibrösen Gewebe nur ein Zellgewebe erkennen lässt, dessen sonst unordentlich gelagerte Fibrillen durch einseitigen Zug in ähnlicher Weise in einen Parallelismus geordnet sind, wie die Fibrillen der Baumwollenwatte durch den einseitigen Zug des Spinnens zum Parallelismus in dem Faden geordnet werden. — Der in dieser Beziehung interessanteste Theil der Kapsel ist der jederseits zwischen dem Epicondylus und dem Rande der Patella befindliche. Dieser Theil wird nämlich durch eine Schichte von Fasern gebildet, welche von dem Epicondylus in divergenter Richtung gegen den seitlichen Rand der Patella hingehen und an diesem sich anheften. Wie diese Faserzüge offenbar durch Zerrung während der Bewegungen der Patella entstanden sind, so dienen sie andererseits auch wieder als Retinacula patellae capsularia. — Die übrigen Theile der Kapsel lassen ähnliche stärkere und ausgesprochenere Faserzüge erkennen, welche ebenfalls unver-

kennbare Folgen der Zerrungen bei den Bewegungen des Kniegelenkes sind und von welchen einer noch in nähere Beziehungen zu der Patella tritt. An der äusseren Seite des Knie's finden wir nämlich noch ausser den eben genannten Retinaculum patellae capsulare einen anderen der Kapsel angehörigen deutlich ausgesprochenen Faserzug, welcher von dem Epicondylus externus ausgehend und das Ligamentum laterale genu externum deckend sich in divergenter Strahlung auf das Capitulum fibulae und den vorderen Rand des Condylus externus tibia wirft. Seine Entstehung ist ohne Zweifel auf die Zerrung zurückzuführen, welche die Kapsel durch die Hebung des hinteren Theiles des Condylus externus femoris bei dem Eintritt in die Streckstellung erfährt. — An der inneren Seite sind zwei besondere Faserzüge zu erkennen. Der eine derselben ist eine von dem Epicondylus internus ausgehende divergente Faserung, welche in Fortsetzung des unteren Randes des hier liegenden der Kapsel angehörigen Retinaculum patellae capsulare sich gegen das Ligamentum patellae hin ausbreitet und offenbar durch das Zurückweichen des Condylus internus femoris in der Schlussrotation bedingt ist; der zweite Zug beginnt an dem vorderen Rande des Condylus internus tibiae und strahlt in der Richtung nach vorn und oben gegen den Rand der Patella und das Ligamentum patellae aus; seine Entstehung weist auf das Vorwärtsdrängen des Condylus internus femoris bei der Aufhebung der Schlussrotation hin. Ein stärkeres vorderes Bündel dieses Zuges erreicht den Rand der Patella und verschmiltzt hier mit dem unteren Rande des Retinaculum patellae. Dieser Strang ist das früher von mir beschriebene Retinaculum internum patellae (Müller's *Archiv*, 1853 S. 515).

In ähnlicher Weise lassen sich die oberflächlichen Fixirungsbündel der Patella, nämlich die Ligamenta flabelliformia auf Zerrungen der Beinfascie zurückführen. Es ist ein oberes und ein unteres Band dieser Art zu unterscheiden und jedes derselben besitzt einen inneren und einen äusseren Schenkel; das obere kommt von oben und umgreift in fächerförmiger Ausbreitung die Patella von unten; das untere dagegen kommt von unten und umgreift fächerförmig ausgebreitet die Patella von oben. Die kräftigere der beiden Schlingen bildet das Ligamentum flabelliforme inferius; der innere Schenkel desselben löst sich theils als eine oberflächliche Lage von dem Ligametum laterale genu internum ab, theils entspringt er vor diesem Ligamente an der Tibia; der äussere Schenkel löst sich als eine oberflächliche Lage von dem Ligamentum ileo-tibiale ab und kann rückwärts bis zu dem Ansatzpunkte dieses Bandes an dem Tuberculum tibiae verfolgt werden. Beide Schenkel sind ziemlich stark und bilden in ihrer fächerförmigen Ausbreitung eine breite Lage über die Patella selbst und oberhalb derselben über das Ende der Streckmuskeln, mit unbestimmter Begrenzung in die

Fascie des Oberschenkels übergehend. Mit den freiliegenden Theilen der Sehnen dieser Muskeln ist die Ausbreitung fest verbunden. — Das Ligamentum flabelliforme superius bildet eine dünnere und oberflächlichere Lage; sein innerer Schenkel erscheint als eine Fortsetzung des Ligamentum intermusculare hinter den Adductoren; der äussere etwas stärkere Schenkel löst sich als eine oberflächliche Lage von dem Ligamentum ileo-tibiale ab; beide Schenkel bilden zusammen in ihrer Ausbreitung eine schwache und dünne Schlinge, welche sich über die vordere Seite des Ligamentum patellae wirft und mit dieser sehr fest verbunden ist.

Zürich, im Juli 1880.

Die Entstehung der Cloakenöffnung bei Hühnerembryonen.

Von

Dr. Gasser.

(Hierzu Tafel XII und XIII.)

Die Untersuchungen über vorliegenden Gegenstand sind bereits vor einer Reihe von Jahren von mir begonnen. Am Schlusse der im Frühjahr 1874 erschienenen Mittheilung über Allantois und Müller'schen Gang konnte ich bereits auf Grund der seit 1871 angestellten Untersuchungen eine kurze Darstellung der Entstehung der Cloakenöffnung beim Vogel anhängen und eine vollständige Betrachtung der betreffenden Entwickelungsvorgänge nebst Abbildungen in Aussicht stellen. — Wenn auch damals die gesammte Reihenfolge der Entwickelungszustände der Cloakenöffnung mir in meinen Präparaten klar vorlag, so fehlte doch eines noch, nämlich die sichere Kenntniss des Ausgangspunktes der Entwickelung. Ich schloss deshalb damals meine Mittheilungen mit den Worten: „zum vollständigen Verständnisse sämmtlicher aufeinanderfolgender Entwickelungsphasen fehlt indessen noch die genauere Kenntniss der Formveränderungen des Enddarmes“ und füge hinzu, es fehlte die genauere Kenntniss des Verhaltens der drei Keimblätter am hinteren Körperende des Embryo überhaupt. — Ich wandte mich deshalb der Erforschung dieser Verhältnisse zu und je weiter die Arbeiten vorrückten, umsomehr erkannte ich, wie ungenügend das Wissen über diese Region der Keimscheibe war und wie nothwendig es zur Lösung der gesetzten Aufgabe sei, die hier noch vorhandenen unbeantworteten Fragen zunächst ihrer Beantwortung zuzuführen. Ich widmete die folgenden Jahre zum grossen Theile diesen Untersuchungen und so entstanden die Mittheilungen über den Primitivstreifen, dessen Veränderungen bis zu dem Punkte führen, der der Darstellung der Entwickelung der Cloakenöffnung zum Ausgange dient. — Ich werde mich aus diesem

Grunde in der hier zu gebenden Darstellung anlehnen an die Resultate jener Untersuchungen über den Primitivstreifen; es ist durch dieselben eine bessere Grundlage für vorliegenden Gegenstand gewonnen, als diejenige jener ersten Mittheilungen war. — Weicht sonach die jetzige Darstellung von der früheren ab, so beziehen sich die Verschiedenheiten eben doch nur auf den Ausgangspunkt der Entwickelung; die Beschreibung des Ablaufes derselben ist dagegen trotz der jahrelang fortgesetzten controlirenden Untersuchungen der einzelnen Stadien aus allen Zeiten des embryonalen Lebens dieselbe geblieben. Es ist natürlich, dass sich das früher schon vorhandene, beträchtliche Beobachtungsmaterial aus den angegebenen Gründen in einer ausserordentlichen Weise vermehrt hat, sodass mir heute über die Entwickelungsvorgänge am Beckenende des Hühnerembryo eine sehr reiche Zahl von guten Serien zur Verfügung steht.

An Erhärtungsmethoden wurden so ziemlich alle von irgend einer Seite im Laufe der letzten Jahre vorgeschlagenen angewendet. Die Untersuchungen wurden theilweise und zwar controlirend an Querschnitten, sonst im wesentlichen an Längsschnitten geführt; es sind gute Längsschnitte, die genau sagital fallen, erforderlich; aus den ersten Tagen und aus der späteren Zeit der Entwickelung sind dieselben unschwer zu gewinnen; indessen muss ich gestehen, dass nichts so sehr meiner Technik widerstrebte, als die Anfertigung brauchbarer Längsschnitte vom 4.—5. Tage. Erst nach ganz unverhältnissmässigen Opfern an Zeit und Material gelang es mir, auch hier die vorhandenen Lücken in der Beobachtungsreihe in gewünschter Weise auszufüllen. — Man betrachtet am besten die Entwickelung der Cloakenöffnung an der Hand von Längsschnitten, weil an diesen am leichtesten ein Gesammtbild der einzelnen Entwickelungsstadien zu gewinnen ist; zur Controle und Erläuterung ist eine Serie von Querschnitten von einem Stadium (6. Tag) hier beigegeben; zur Beurtheilung des Verhaltens des Enddarmes und des hinteren Körperendes überhaupt in der Zeit, von der die Schilderung hier ausgeht, verweise ich auf die Tafeln der oben angeführten Arbeit über den Primitivstreifen, Kassel, 1879, speciell auf Tafel 6 und 9.

Die sparsame Literatur, welche über Entwickelung der Analöffnung vorhanden ist, wurde in der früheren Arbeit über Allantois u. s. w. erschöpfend angeführt. Seit jener Zeit sind mir keine bemerkenswerthen neuen Beobachtungen über den Gegenstand bekannt geworden, mit Ausnahme derjenigen, welche Kölliker in der neuesten Ausgabe seines Lehrbuches gemacht hat und auf die weiter unten speciell eingegangen werden soll. — Die Arbeit von Fellner, *Beiträge zur Lehre von der Entwickelung der Cloake* (embryologisches Institut von Prof. Schenk, Wien) berührt in keiner Weise die hier erörterten Entwickelungsvorgänge.

Verhalten des hinteren Körperendes bei Beginn der Entwickelung der Cloakenöffnung.

Für die Entstehung der Cloakenöffnung kommt diejenige Region des Embryokörpers in Betracht, welche von Anderen und mir als Cloakenhöcker bezeichnet wurde (*clh* Fig. 1). Nach der in der Arbeit über den Primitivstreifen gegebenen Auseinandersetzung ist dieser Höcker der Ueberrest des früheren hinteren Theiles des Primitivstreifen, der in Folge der Wachsthumsvorgänge am hinteren Körperende sich nach vorn und unter das Schwanzende des Embryo gelagert hat. Es wäre demnach nur zu untersuchen, wie sich im Näheren der Cloakenhöcker am Ende des dritten und Anfang des vierten Tages verhält, zur Zeit also, mit der die Darstellung in jener Mittheilung über den Primitivstreifen schliesst und von der die Entwickelung der Cloakenöffnung anhebt. — Auf den Längsschnitten 3 und 4 der Taf. VI jener Arbeit stellt sich der Cloakenhöcker als eine mässige Verdickung, die gegen den Cloakentheil des Darmes vorspringt, dar. In ihm hängen (ebenso wie weiter zurück in der Schwanzspitze des Embryo) noch die drei Keimblätter zusammen. Forscht man nun der Ausdehnung nach, in welcher dieser Zusammenhang besteht, bez. wie sich nach allen Seiten hin der Cloakenhöcker begrenzt, so ergiebt sich aus den Längsschnitten, dass mit dem vorderen Ende des Höckers die drei Blätter getrennt auftreten, ebenso nach den Seiten hin das Mesoderm seinen Zusammenhang mit Ectoderm und Entoderm verliert, wie es in dem Querschnitte Fig. 3 der Taf. VI und deutlicher in denen Fig. 5—8 der Taf. IX (Ueber Primitivstreifen) zu sehen ist; nur nach hinten setzt sich (vgl. Längsschnitt 4 der Taf. VI) der Cloakenhöcker direct und nicht in drei Blätter differenzirt in das ebenfalls noch nicht differenzirte Zellarterial des Schwanzendes fort. — Ich möchte nicht unterlassen auf die Ausdehnung des als Enddarm bezeichneten Darmtheiles in letztgenannter Figur aufmerksam zu machen; die Entstehung und Ausbildung jener pars caudalis intestini (Kölliker) ergiebt sich aus den vorhergehenden Figuren. — Der Cloakenhöcker hat demnach in dieser Zeit eine streifenförmige Ausdehnung; die Abgrenzung nach hinten fehlt ihm. — Nicht viel anders ist sein Verhalten bei einem Embryo von 4 Tagen, Fig. 1 der hier beigegebenen Tafeln; der Höcker ist nicht mehr von der Mächtigkeit wie früher, nach rückwärts verlieren sich seine Bestandtheile allmählig, in die Auskleidung der Cloake, in das Mesoderm der Schwanzspitze und in das Ectoderm, welches die Unterseite der letztgenannten überzieht. Nach vorn und nach den Seiten ist er wohl abgegrenzt. Die innere Ausbildung der Schwanzspitze selbst hat gegen das vorige Stadium Fortschritte gemacht und es sind jetzt in derselben fast durchweg die Anlagen nach drei Blättern getrennt. — Während in jener

erstgenannten Figur an den Cloakentheil des Darmes sich noch ein besonderer schmaler Endtheil anschloss, endet hier im Längsschnitt Fig. 1 der Darmkanal mit der Cloake; nur noch ganz andeutungsweise erscheinen die letzten Spuren jenes untergegangenen Theiles. Der Schwund desselben geht einher mit einer Erweiterung der Cloake und einer Dickenabnahme des Cloakenhöckers. Der Cloakendurchbruch erfolgt also gegen den Cloakentheil des Darmes und nicht gegen den nur zeitweise bestehenden Endtheil desselben.

Wären die früheren Schicksale des Cloakenhöckers unbekannt, so könnte man glauben, man habe es an dieser Stelle des Embryo mit einem Epithelstreifen zu thun, der das Ectoderm mit dem Entoderm verbände, nach vorn und den Seiten sich in die beiden genannten Blätter auflöse, während das Mesoderm keinen Zusammenhang mit ihm besässe und dass nur nach rückwärts die scharfe Abgrenzung fehle; noch mehr wird man zu einer solchen Auffassung durch die Fig. 2, dem folgenden Stadium entnommen, geführt, weil sich dort auch die Abgrenzung nach rückwärts vollzogen hat. Diese scheinbare Epithelbrücke zwischen Entoderm und Ectoderm hat eine sehr geringe, die Dicke nur eines Schnittes betragende, seitliche und eine etwas grössere Längenausdehnung.

Kurze Uebersicht der Entwickelung der Cloakenöffnung.

Stellt man in gedrängter Kürze die Veränderungen zusammen, welche zur Bildung der Cloakenöffnung führen, so ergiebt sich etwa Folgendes:

In der oben erwähnten schmalen, einer Epithelverschmelzung gleichsehenden Leiste, dem früheren Cloakenhöcker, treten vom Ende des 4. bis zum Anfang des 5. Tages ab Lücken auf, die in den folgenden Tagen an Zahl bedeutend zunehmen. In Folge der sich ändernden Krümmung des hinteren Körperendes und der Umbildung des Darmendes vertauscht genannte Leiste allmählich ihre horizontale Stellung mit der senkrechten; die Dimensionen nehmen in einer mit dem Gesammtwachsthum im Einklang stehenden Weise an der Leiste zu. Gegen diese Stelle sinkt die Körperoberfläche in Folge der Erhebung von Wülsten ein, sodass in den späteren Tagen (7. Tag u. s. w.) die jetzt senkrecht stehende Leiste wesentlich zwischen einer Ectodermeinstülpung und der Cloake sich befindet, (zum kleinsten Theile über der Einstülpung liegt). Man muss sich das vollständig gewordene Lückenwerk vorstellen als ein inmitten einer epithelartigen Brücke ausgespannte, äusserst dünne, spinnengewebähnliche Lamelle (vgl. Quer- und Längsschnitt).

Unter weiterem Schwund (stärkerer Lückenbildung) der inmitten der Leiste gelegenen Elemente und immer deutlicherer Umwandlung der äusseren Theile derselben zu Epithel findet dann eine Verbindung von Cloake und Ectodermeinstülpung statt, die Anfangs noch nicht eine offene Communication herbeiführt; es kleben vielmehr die Epithelzellen noch aneinander; starke Falten an der Durchbruchsstelle verdunkeln in dieser Zeit das Bild etwas; erst mit dem weiteren Wachsthum des Embryo ordnen sich dieselben regelmässiger und übersichtlicher und lassen schliesslich die offene Verbindung zwischen Darm und Körperoberfläche stattfinden. Jene Ectodermeinsenkung, Cloakeneinstülpung, bildet beim Vogel den gemeinsamen Ausführungsgang für Bursa Fabricii und Cloake. Der Körper der Bursa Fabricii wächst von jener Einstülpung nach aufwärts, zum Theil ebenfalls auf Kosten oder mit Beihülfe jener Lückenbildung.

Das Wesentliche der Erscheinungen bei der Cloakenbildung ist demnach die Umwandlung eines leistenförmigen Restes des Primitivstreifen zum Epithelübergang von Ectoderm zu Entoderm und ein Schwund der centralen Elemente jener Leiste unter Lückenbildung zur Einleitung einer Communication. Eine Einstülpung der Körperoberfläche bildet den untersten Darmabschnitt.

Ausführliche Darstellung des Vorgangs der Bildung der Cloakenöffnung.

Im Anschluss an die Figuren der beigegebenen Tafeln sollen nun die einzelnen Stadien der Entwickelung einer genaueren Betrachtung unterworfen werden.

Zur Erklärung der Fig. 1, Embryo vom Anfang des 4. Tages, ist bereits oben das Nöthige gesagt; ebenso sind theilweise die Veränderungen berücksichtigt, die bis zu dem Embryo vom Ende des 4. Tages, Fig. 2, erfolgen; es sei nur noch auf die Abnahme der Grösse des Cloakenhöckers hingewiesen; man wird von jetzt ab die Bezeichnung Höcker für den Rest des Primitivstreifens wohl fallen lassen müssen und den der Form besser angepassten: Leiste an die Stelle setzen. Die Dimensionen dieser Leiste sind aber schon besprochen und ergeben sich auch unschwer aus einer Vergleichung der Längs- und Querschnitte. — Die ersten Lücken erscheinen innerhalb dieses noch nicht differenzirten Gewebes; man ist also nicht im Stande, eines der drei Keimblätter als Bildungsstätte der Lücken anzugeben. Die Zahl und das Aussehen der Lücken ist, wie die beiden stärker vergrösserten Figg. 2*a* und 2*b* von zwei Embryonen von gleichem Alter zeigen, sehr wechselnd. — Es ist zu bemerken, dass schon jetzt diese Stelle, die

sich im Laufe der Entwickelung bis zu vorliegendem Stadium der Fig. 1 allmählich horizontal unter dem Embryo gestellt hatte (wie ausführlich bei Besprechung des Primitivstreifen dargethan ist), ja sogar mit ihrem vorderen Ende etwas höher stand als mit dem hinteren, eine rückwärtsgehende Bewegung zu vollführen beginnt, die in Fig. 3 bereits deutlich wird, sodass alsbald die in Rede stehende Stelle senkrecht gestellt erscheint. Es zeigt das, dass die Wachsthumsvorgänge dieser Region des Embryokörpers, welche die Krümmungsänderungen bedingen, zur Zeit ausserordentlich lebhaft vor sich gehen. Es ist ferner beachtenswerth, dass, während sich einstweilen die Schwanzspitze noch weiter krümmt, der Theil, welcher der tiefsten Einziehung unter der Schwanzspitze entspricht, eine eigene Entwickelung beginnt, die sich in einer Höckerbildung zeigt, welche bei stärkerer Zunahme (vgl. Fig. 4 und 5) eine Einstülpung der Körperoberfläche umschliesst und die insofern für die Cloakenöffnung von Wichtigkeit wird, als sich weiterhin die Durchbruchsstelle zwischen jener Einstülpung und der Cloake befindet.

In Fig. 3 von einem Embryo vom Anfang des 5 Tages, sieht man, wie erwähnt die Durchbruchsstelle mehr senkrecht gestellt und sich auch nach oben, wie es scheint, etwas höher hinauferstrecken in den Bereich der hinteren Umgrenzung der Cloake. Die Zahl der Lücken hat zugenommen, die Abgrenzung des Gewebes gegen die Cloake ist recht unbestimmt, mit keiner anderen Stelle der übrigen Cloake hier vergleichbar. Während sich Anfangs in Fig. 1 die Durchbruchsstelle, Cloakenhöcker, und ein Theil der hinteren Wand durch mangelnde Schärfe der Abgrenzung auszeichneten, finden wir hier nur noch die Durchbruchstelle allein ungenau gegen die Cloake begrenzt. So weit die Differenzirung der drei Blätter fehlt, also auch noch kein Endoderm gebildet ist, findet sich genannte Erscheinung, die bei Beginn der Untersuchungen dieser Körperregion so leicht zu Irrthümern Veranlassung giebt. Die Ausdehnung der Cloakenhöhle hat in Fig. 3 etwas abgenommen; die Cloake beginnt, sich in einen senkrecht stehenden, spaltartigen Raum umzuwandeln. Man kann in dieses Stadium den Anfang der Höckerbildung setzen, welche zu erwähnter Ectodermeinstülpung und Bildung des untersten Darmabschnittes führt.

Die Figg. 4 und 5, Embryonen vom Ende des 5. und Anfang des 6. Tages entnommen, zeigen sämmtliche genannten Vorgänge in weiterer Entwickelung. Die Zahl der Lücken ist etwas grösser, die Durchbruchsstelle selbst nimmt an Ausdehnung zu, ist senkrecht aufgerichtet, die Abgrenzung gegen die Cloake ist unbestimmt, von wechselndem Aussehen, der Cloakenraum scheint weiterhin noch etwas an Grösse abzunehmen; die Höcker, welche die Einstülpung umgeben, setzen sich in Fig. 5 bereits scharf gegen ihre Umgebung ab, die Einsenkung hat eine ziemlich beträchtliche Tiefe erreicht; man wird ferner noch ein Hineinsinken der Durch-

bruchstelle in den vorderen Höcker bemerken, das durch das Wachsthum der Höcker bedingt zu sein scheint.

Zum Vergleich ist neben dem Längsschnitte der Fig. 5 eine Serie von Querschnitten eines Embryo von gleichem Alter, 6. Tag, in Fig. 8—14 abgebildet. Es geht die Schnittrichtung, nach dem Längsschnitte bezeichnet, von links oben nach rechts unten, entsprechend den in der Figur angegebenen Strichen — zur Erzielung von Schnitten, welche die gewünschte Stelle gerade transversal fassten. Der Schnitt, Fig. 8., fällt durch den letzten Theil der Cloake, entlang dem am weitesten rechts verlaufenden Striche; die Zeichnung ist so angefertigt, dass man von vorn in die Cloake hineinsieht und deren Hinterwand erblickt, theilweise auch schon die Lücken, die sich in der Durchbruchstelle finden; letztere erscheint in den vorderen Höcker hineingesunken. Man gewinnt durch die Abbildung einen Einblick in die räumlichen Dimensionen der Cloake. Figg. 9 und 10 zeigen die Durchbruchstelle im Bereiche des vorderen Höckers und ein wenig über demselben; Die Schnitte fallen entlang der zweiten und dritten Linie in dem Längsschnitt. Die Durchbruchstelle sieht aus wie ein Lückenwerk zwischen zwei Epithelsäumen. Fig. 11 fällt durch die von beiden Höckern umschlossene Einstülpung der Körperoberfläche und der Vergleich mit dem Längsschnitt ergiebt, dass in Folge dessen der von Lücken durchsetzte Epithelsaum eine viel geringere Höhe haben muss; ebenso verhält sich Fig. 12. — Fig. 13 schneidet den hinteren der beiden Höcker; dem entsprechend verlängert sich die Durchbruchsstelle jetzt wieder etwas; grosse Lücken finden sich in ihrem oberen Theile. — Fig. 14 trifft den Rest der ganzen Stelle innerhalb des Mesoderms der Schwanzspitze, an der Stelle, die durch den am weitesten links liegenden Strich des Längsschnittes markirt ist. Aus einer Zusammenstellung der einzelnen Figuren ersieht man, dass es hier noch nirgends zu einem directen Durchbruch gekommen ist, sondern dass die seitlichen Theile des Gewebes dieser Stelle sich zu Epithelsäumen umwandeln, während die im Innern entstandenen Lücken den Durchbruch vorbereiten. —

Längsschnitt Fig. 6. Embryo vom 7. Tage. Die Cloake ist ein ziemlich schmaler, senkrecht stehender Raum, in den von vorn Darm und Allantois einmünden, dessen Abgrenzung gegen die Durchbruchsstelle nach wie vor der Präcision entbehrt; diese Stelle selbst ist grösser geworden, aber sehr schmal, wird nur auf einem Schnitt gefunden, darf also mit einer senkrecht stehenden Wand zwischen Cloake und der äusseren Einstülpung verglichen werden. Die Zahl der Lücken ist eine sehr grosse; dieses eigenartige Gewebe liegt indessen nicht allein zwischen der Cloake und der Einstülpung, sondern auch über der letzteren; wie diese sich nach aufwärts gegen das Lückenwerk hin entwickelt, sieht man am besten aus dem Vergleich mit den beiden vorausgehenden Figuren. Der untere Theil der Ectodermein-

stülpung ist später der Bursa Fabricii und dem Darmkanal gemeinsam, nach oben wächst sie in das aufgelockerte Gewebe als eigentliche Bursa aus; demnach kann man in diesem Stadium von der ersten besonderen Anlage einer Bursa Fabricii reden. Die Abbildungen lassen wohl keine andere Deutung zu. — Die Höcker bilden jetzt eine deutliche, die spätere Analöffnung umgebende Papille. —

Fig. 7. Embryo aus der Zeit des zwölften Tages. — Die in Fig. 5 noch recht bedeutende Krümmung der Schwanzspitze hat im Laufe der Weiterentwickelung der äusseren Cloakenanlagen in Fig. 6 aufgehört, das Schwanzende ist ziemlich geradeaus nach hinten gerichtet. Hier in Fig. 7 ist nun das umgekehrte Verhalten gegen früher eingetreten, die abwärts gerichtete Krümmung hat sich in eine aufwärts gekehrte umgewandelt. Dadurch treten die Höcker, welche die spätere Cloakenöffnung des Huhnes umgeben, stärker und leichter sichtbar hervor; sie haben ausserdem an Grösse zugenommen. Die von der Körperoberfläche kommende Einstülpung zwischen jenen Höckern hat sich nach aufwärts bedeutend weiter ausgedehnt und in Fortsetzung des bei der vorigen Figur geschilderten Vorganges nach aufwärts zur Anlage der Bursa Fabricii entwickelt; man kann also jetzt den eigentlichen Körper der Bursa unterscheiden, der von dem 12. Tage an seine Detailausbildung erhält und die Ectodermeinstülpung als Zugang zu der Bursa, einstweilen für diese allein; wenn der Durchbruch des Lückenwerkes, welches zwischen der Einstülpung und der Cloake liegt, erfolgt ist, für Darm und Bursa gemeinsam. Das Gewebe in der Stelle des Durchbruches erscheint hier wiederum in einer etwas umgeänderten Form; die Dimensionen der Stelle nehmen etwas ab, das früher schon locker gefügte Gewebe hat eine weitere Auflösung erfahren; man erkennt, namentlich in der stärker vergrösserten Fig. 7*a* einige Hohlräume in einer ausserordentlich rareficirten Zellmasse; es liegen die letzten Erscheinungen des Schwundes der centralen Zellmasse in der Durchbruchsstelle vor, welche zu einer einfachen Epithelverklebung führen. Nicht ausser Acht zu lassen ist die Art und Weise, wie von Fig. 5 ab eine directe Verbindung der Epithelsäume von Ectoderm und Entoderm durch entsprechende Umwandlung der peripheren Theile jenes eigenthümlichen Gewebes sich herstellte. In Fig. 12 ist die Verbindung fast vollendet, kurze Zeit später kann man wohl ausgebildetes Epithel von innen nach aussen durch die Stelle hindurch verfolgen. — Bei *Bd* ist in Fig. 7 die Anlage der Bürzeldrüse zu sehen, über die weiterhin noch mehr berichtet werden soll; ebenso sei hier bereits hingewiesen auf die Veränderungen, welche der Darm sammt Epithel an seiner Einmündung in die Cloake erfährt, vergl. Figg. 6 und 7.

Mit Hülfe der Figuren sind jetzt die Umwandlungen jenes Ueberrestes des Primitivstreifen so weit fortgeführt, dass zwischen wohlgebildeten Epi-

thelsäumen, die von Entoderm zu Ectoderm hinziehen, nur noch äusserst zarte Reste einer untergehenden Zelllage übrig sind, dass eine directe Verbindung von Cloake zur Ectodermeinstülpung hergestellt ist, wenn auch die offene Communication aussteht.

Während bis zu dem in Fig. 7 wiedergegebenen Stadium von 12 Tagen die Begrenzung der Durchbruchsstelle der Cloake geradlinig war, wie übereinstimmend Quer- und Längsschnitte ergeben, wird dieselbe von jetzt ab durch Faltenbildung unregelmässig. Die vorhergegangene Lückenbildung begünstigt die Entstehung der Falten und führt zugleich dadurch, dass sie das sparsam dazwischenliegende Gewebe zum Schwund bringt, zu einer directen Epithelberührung zwischen den jetzt vorhandenen Falten.

Am 15. Tage scheint mir eine vollständige Epithelverklebung eingetreten zu sein; zahlreiche Falten, im innigsten Contact miteinander, schliessen den Eingang. Dadurch hat das Bild hier wie bei der Einmündung des Darmes in die Cloake etwas unklares. Am 16. Tage ist es nicht wesentlich anders.

Am 17. Tage klärt sich das Bild durch eine regelmässigere Anordnung der Falten, zwischen ihnen sieht man Lücken — der Ausdruck von Buchten auf dem Durchschnitte. Dass die Erscheinungen beim schliesslichen Durchbruch individuell sehr verschieden sein können je nach Gestalt, Zahl und Anordnung der Lücken, wird nicht Wunder nehmen. Von letztgenannter Zeit ab ist in Wirklichkeit ein freier Weg zwischen Cloake und Ectodermeinstülpung vorhanden und damit übernimmt letztere ihre doppelte Rolle als Ausführungsgang der Bursa Fabricii und zugleich der Cloake.

Der Vorgang, welcher in der einem Epithelstreifen so ähnlichen Leiste zwischen Cloake und Ectodermeinstülpung abläuft, hat eine grosse Aehnlichkeit mit anderen, während der Entwickelung des embryonalen Organismus beobachteten; es sei hier nur erwähnt die Umwandlung der als Schmelzorgan bezeichneten Einstülpung des Mundhöhlenepithels. Hier wie dort unterliegen die central gelegenen Zellen einem Schwund, der bei beiden dasselbe Endbild liefert, das Bild von ungemein rareficirten, verästelten Zellen in einer bedeutend vermehrten Grundsubstanz, wenn man will eine Verflüssigung oder gallertige Umwandlung des Gewebes.

Mit ein paar Worten seien hier noch die Beziehungen erwähnt, in denen der hier dargestellte Entwickelungsmodus der Cloakenöffnung zu den Angaben von Kölliker in der neuesten Ausgabe seines *Lehrbuches der Entwickelungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere* und zu meinen eigenen früher in der Abhandlung über Entwickelung der Allantois, der Müller'schen Gänge und des Afters publicirten Untersuchungen stehen.

Meine früheren Untersuchungen über vorliegendes Thema waren nur an Längsschnitten angestellt. Bei der örtlichen Beschränktheit der hier erörterten Erscheinungen bedarf es sehr exacter Schnitte genau durch die Mittellinie zur richtigen Erkenntniss des Sachverhaltes; veranlasst durch Schnitte, welche in Wirklichkeit nicht durch die Mittellinie, sondern dicht neben dieselbe fielen, liefen kleine Unsicherheiten und Ungenauigkeiten mit unter. Trotz dieses Mangels bleiben doch die damaligen Angaben über den Verlauf der Entwickelung der Cloakenöffnung in voller Geltung bestehen; nur die Figuren bedürfen, um für Entstehung genannter Oeffnung verwerthet zu werden, kleiner Detailänderungen; es treten deshalb die neueren Abbildungen an Stelle der früheren. — Von grösserer Bedeutung war, dass mir, wie zu Eingang schon erwähnt ist, damals die Veränderungen des Primitivstreifen noch nicht genügend bekannt waren. Es entsprang daraus ein Irrthum von grösserer Bedeutung. Ich nahm damals an, dass die Verbindung zwischen Ectoderm und Entoderm an der Stelle des Durchbruches eine einfache Verschmelzung beider Blätter sei und folgerte daraus, dass hier in der Mittellinie am hinteren Körperende das Mesoderm zu der angegebenen Zeit fehle. Dieser Annahme trat nun mit vollstem Recht Kölliker a. a. O. S. 210—211 entgegen; genau in der Mittellinie fehlt hier nirgends das Mesoderm.[1] Jene scheinbare Verschmelzung von Ectoderm und Entoderm ist ein Rest des Primitivstreifen und somit aus allen drei Blättern, meiner Annahme nach, gebildet. Gegen diese Annahme haben sich allerdings gewichtige Stimmen erhoben und es ist mir auch aus eigener Anschauung aus den Präparaten über Säugethierembryonen von Hrn. Prof. Lieberkühn bekannt, dass bei manchen Thieren kein Zusammenhang des Entoderms mit dem Primitivstreifen zu sehen ist, dass somit das Verhalten desselben wechselt; ich habe ferner selbst angegeben, dass bei Gänseembryonen das Entoderm sich immerhin schon ein wenig anders verhält, als bei denen des Huhnes, desgleichen ist auch von Braun neuerdings für den Wellenpapagei die Betheiligung des Entoderms an der Bildung des Streifen geläugnet worden; ich muss aber für das Huhn an den von mir in der Arbeit über den Primitivstreifen gemachten Angaben über die Beziehung des Entodermes zu dem Streifen festhalten. Es steht gewiss nicht allzuviel der Annahme im Wege, dass bei verschiedenen Thieren sich der Primitivstreifen überhaupt oder doch zu sonst gleichen Zeiten der Entwickelung

[1] Zur Klärung dieser etwas schwierigeren Verhältnisse im Bereich des Endwulstes und hinter demselben vergleiche die Figuren der Taf. VI und IX meiner Arbeit über den Primitivstreifen, welche auch zu einer richtigen Deutung meiner Abbildungen in der früheren Arbeit über Allantois u. s. w. dienen können und zeigen, dass es sich einigemal dort um Schnitte dicht neben der Mittellinie handelt, statt um solche, welche durch dieselbe gehen.



ganz verschieden verhält, eine durchgehende Uebereinstimmung also nicht existirt. Es mögen dem zu Folge für andere Thiere die Vorläufer der Entwickelungsvorgänge der Cloakeneröffnung oder der Ablauf derselben andere sein, als bei dem Huhn, es ist das sogar wahrscheinlich bei solchen, deren Primitivstreifen keinen Zusammenhang mit dem Entoderm zeigt, für sie mag die Annahme am gerechtfertigtsten erscheinen, dass erst in späterer Zeit eine Verschmelzung an der Stelle des Durchbruches stattfindet — bei dem Huhn erscheint eine solche nicht mehr nöthig, weil sie schon von den Zeiten des Primitivstreifen her vorhanden ist und persistirt.

Enddarm.

In der Entwickelungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere von Kölliker findet sich S. 844 eine höchst interessante Mittheilung über den Enddarm, speciell weiter denjenigen Theil desselben, den Autor unter dem Namen Pars caudalis intestini als ein vergängliches Gebilde beschreibt.

Es ist für mich in hohem Grade erfreulich, dass meine eigenen Untersuchungen mit den Beobachtungen von Kölliker völlig übereinstimmen. Die von Kölliker neben seinen eigenen a. a. O. angezogenen Figuren aus meiner Abhandlung über Allantois zeigen bereits einige Stadien aus der Entwickelung dieses Darmtheiles, und nimmt man die Abbildungen aus meiner Arbeit über den Primitivstreifen und die hier vorliegenden hinzu, so werden wohl alle wesentlichen Stadien im Bild vereinigt sein. Ich habe dem in Rede stehenden Punkte schon in früherer Zeit Aufmerksamkeit geschenkt und das zeitweise Vorhandensein einer Fortsetzung des Darmes in das Schwanzende zur Erklärung von Missbildungen herangezogen (s. die Marburger Inauguraldissertation von H. Eisenach: *Ueber einen weiblichen Fötus*, 1873, S. 14). — Es will mir scheinen, als ob für die Schicksale der Pars caudalis intestini die Wachsthumserscheinungen des Schwanzendes direct zur Erklärung herangezogen werden könnten. Ich meine hier die während der inneren Ausbildung des Schwanzendes erfolgende fortwährende Aenderung der Krümmung, die Umwandlung und Ausbildung der Cloake selbst, die Entwickelung der äusseren Analanlagen u. s. w. Wie bedeutend die Umlagerungen in jener Zeit im Beckenende des Embryo sind, erhellt schon aus der verschiedenen Lage der Ausmündungsstelle des Wolff'schen Ganges in kurz aufeinanderfolgenden Zeiten.

Nach den oben angeführten Untersuchungen von Kölliker und meinen eigenen Beobachtungen steht soviel fest, dass die Ausmündung des Darmes nicht eintritt an dem hintersten Ende des Darmkanales, sondern dass

zu einer gewissen Zeit noch schwanzwärts über jene Ausmündungsstelle hinaus ein Theil des Darmes sich erstreckt, der bald verloren geht. — Vielleicht liessen sich pathologische Erscheinungen auffinden, die zu dem ursprünglichen Vorhandensein der Pars caudalis intestini in Beziehung ständen, schon deshalb verdient dieser Punkt einige Aufmerksamkeit.

Bei niederen Wirbelthieren verbindet sich die Pars caudalis intestini mit dem Centralnervenrohr; auch dort verschwindet später dieser Darmtheil nach Lösung jener Communication (Kölliker, a. a. O. S. 847). Zur Zeit der ausgebildeten Pars caudalis intestini beim Vogel existirt allerdings eine solche Verbindung wohl nicht mehr; aber in früherer Zeit findet sich, deutlich bei Gänseembryonen, undeutlich beim Huhn, nach Braun in ausgezeichneter Weise beim Wellenpapagei ein solcher Neuroentericalkanal, der sich mit dem zeitweiligen hintersten Darmende verbindet, aber schon vor der Pars caudalis verschwindet. Bis zu einem beschränkten Grade ist also auch in diesem Punkte eine Uebereinstimmung des Vogels mit den niederen Wirbelthieren vorhanden.

Einmündung des Darmes in die Cloake.

Es sei die Aufmerksamkeit noch auf einen Punkt gelenkt, der, wie mir scheinen will, zu wenig bis jetzt berücksichtigt ist, auf die Einmündung des Darmes in die Cloake. Anfänglich ist dieselbe weit offen; vom 7. Tage an aufwärts zeigt aber der Endabschnitt des eigentlichen Darmes vor der Cloake einige besondere Eigenthümlichkeiten. Zunächst beginnt das Entoderm oder Darmepithel dort zu wuchern, wie es auch in Fig. 6 schon angedeutet ist. Aehnliche Erscheinungen sind von anderen Stellen des Darmes bereits beschrieben. Weiter bilden sich dann an der Uebergangsstelle starke Falten und Wülste und dadurch wird die bis dahin offene Communication wesentlich beschränkt. Neben diesem Process der Wucherung und Faltung des Darmepithels und der Schleimhaut geht aber, wie aus Fig. 7 zu ersehen ist, ein zweiter Vorgang einher, der in noch höherem Grade eine Aenderung an dieser Stelle bedingt; das Mesoderm bildet an der Einmündungsstelle eine Art Ring, der den Uebergang gegen den stärker ausgedehnten oberen Darmtheil bedeutend einengt. Vom 12. Tage an findet man das untere Ende des Darmes vor seiner Verbindung mit der Cloake mehr oder weniger weit ausgebuchtet, während die Cloake selbst ihre enge vielgestaltige Form bewahrt; ein Convolut regelloser Falten schliesst an der verengten Stelle den Uebergang völlig. Im Laufe weiteren stärkeren Wachsthumes der Theile (17. Tag) ordnen sich die Falten wieder etwas mehr und eine

grössere Regelmässigkeit tritt ein. Man sieht dann die vorspringende Klappe, die nach dem Lumen hin von stark gewulsteter Schleimhaut überzogen ist; eine ganz offene Communication ist aber auch dann noch nicht zu sehen.

Bei etwas macerirten Embryonen fällt das Epithel heraus und man bekommt dadurch einen offenen Zusammenhang von Darm und Cloake; (in solchen Fällen kann auch jenes lückenhafte Gewebe verloren gehen, welches die Cloake von der Ectodermeinstülpung trennt). Man erkennt daraus, dass durch das Epithel (vielleicht eine Verklebung desselben) der Abschluss in der Zeit vom 12. Tage an aufwärts bedingt ist.

Dieser eingeengten Uebergangsstelle entspricht beim ausgewachsenen Huhn eine klappenartige Kreisfalte an der Einmündung des Darmes in die Cloake; dieselbe kann faltig sein. Stannius, *Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere*, S. 303, 337.

Vielleicht wäre es möglich, wenn man das Augenmerk auf diesen Punkt richtete, auch bei den Embryonen von Säugethieren und vom Menschen die Stelle zu fixiren, an der ursprünglich Darm und Cloake sich vereinten und damit einen besonders für die Deutung der Missbildungen wichtigen Anhalt zu gewinnen; es liesse sich alsdann vielleicht bestimmen, aus welchen Theilen des ursprünglichen Tractus intestinalis sich die unteren Abschnitte des ausgebildeten Darmes bei dem normalen Individuum entwickeln.

Die Bürzeldrüse des Huhnes.

Bei Gelegenheit der vorstehenden Untersuchungen ergab sich auch eine vollständige Reihenfolge von Entwickelungszuständen der Bürzeldrüse. Ueber diesen Punkt ist von R. Kossmann „*Ueber die Talgdrüsen der Vögel*" Siebold und Kölliker, *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, Bd. XXI. 1871 ausführlich berichtet und auch die Entwickelung der Drüse abgehandelt worden. Ich kann in allem Wesentlichen die Angaben von Kossmann bestätigen. Wie dieser Autor, so finde auch ich die Anlage der Drüse als paarige Einstülpung der Epidermis, Fig. 7. Die Einstülpung stellt einen taschenförmigen Hohlraum dar, aus dem sich die Acini entwickeln. Die erste Spur der Taschen sah Kossmann am 10. Tage; deutlich wird sie am 12. Tage, Fig. 7. Ich füge noch hinzu, sie treibt von ihrer Wand solide Sprossen, die sich nachher aushöhlen und mit dem Lumen der Tasche in Verbindung treten. Die Tasche ist ausgekleidet von einem oberflächlichen Platten- und tiefen cylindrischen oder cubischen Epithel; die Sprossen gehen von dem tiefen Epithel aus; führen indessen auch platte Elemente (14. Tag); in dieser Zeit sind die Sprossen noch sehr

vereinzelt. — Am 15. Tage hat die Zahl der Sprossen schon sehr zugenommen; man erkennt an passenden Schnitten, dass sie hohl sind, und dass ihnen nur endständig eine Epithelverdickung anhaftet. Die Auskleidung des Hohlraumes der Sprossen ist gebildet von einer einzelligen Epithellage, die dicker ist, als die Auskleidung der Tasche selbst, welche späterhin den Ausführungsgang darstellt und die einstweilen ihr Aussehen gegen den vorhergehenden Tag noch nicht ändert. Auf der erwähnten Auskleidung der Sprossen liegt dann noch ein äusserst dünner Ueberzug als Fortsetzung der obersten Zelllage der Tasche. Die Sprossen tragen an ihren Enden bereits secundäre Sprossen. Gegen das Mesoderm grenzen sich die Epithelien durch eine gut entwickelte Membrana propria mit Kernen ab. — Am 16. Tage beginnt die Ausbildung einer besonderen Kapsel, die am Tage vorher erst angedeutet war. Der Ausführungsgang streckt sich in die Länge und ist nach rückwärts gerichtet; Pigment tritt im Gang und in den Sprossen auf. Die oberste Lage des Epithels der Tasche erhebt sich häufig blasenförmig. Am 17. Tage verdünnt sich der Durchmesser der Wand des Ausführungsganges noch etwas und von da ab ist das Bild fertig, wie es Kossmann von der nahezu reifen Drüse des Embryo giebt.

Am 14. Tage beginnt ferner die Epithelauskleidung der Ectodermeinstülpung, welche als gemeinschaftlicher Gang für Bursa Fabricii und Darm dient, an ihrer hinteren Wand bis in den Stiel der Bursa hinein nach aufwärts Sprossen zu treiben. Dieselben nehmen in den folgenden Tagen an Grösse zu, zeigen hier und da bereits ein kolbiges Aussehen; sie stellen die Anlagen der als Folliculi anales in der Cloakenausmündung beschriebenen Gebilde dar.

Säugethiere.

Ueber die Entstehung des Afters oder der Cloakenöffnung bei den höheren Thieren ist nur wenig bekannt, ebenso über die Vorgänge, welche im Bereiche der ursprünglichen Cloake statthaben und zu einer Differenzirung derselben in ihre einzelnen Abschnitte führen.

Nach den Beobachtungen von Kölliker und von Egli, vergl. *Die Entwickelungsgeschichte der höheren Thiere und des Menschen* von Kölliker S. 848, entsteht beim Kaninchen am 11.—12. Tage die Anus- oder Cloakenöffnung. Eine stärkere Grubenbildung von aussen wurde nicht beobachtet; es senkt sich eine schmale Spalte vom Ectoderm aus gegen den Cloakenraum ein und führt, vielleicht unter Auftreten eines ähnlichen Vorganges von der Entodermseite her, zu dem Durchbruch. Das Nähere der Er-

scheinungen bei der Eröffnung ist nicht bekannt. — Am 14. Tage scheidet eine Querleiste bereits die anfangs einfache Cloakenöffnung und mit dem 16. Tage ist die Trennung vollendet.

Wenn auch eine gewisse Aehnlichkeit zwischen der von Kölliker l. c. S. 848 abgebildeten Figur vom Kaninchen und der hier beigegebenen Fig. 6 vom Huhn sich finden lässt, so wage ich doch aus Mangel an eigener Erfahrung über diesen Punkt der Entwickelung der Säugethiere nicht, dieselben direct zu parallelisiren.

Noch dürftiger sind unsere Kenntnisse über die entsprechenden Vorgänge beim Menschen. Ich entnehme aus dem oben angeführten Werke Kölliker's folgende Angaben:

In der 4. Woche tritt eine einfache Cloakenöffnung auf; im Laufe des 3. Monates vollzieht sich die Trennung der Cloakenöffnung in zwei Lumina; Genaueres über diesen Vorgang ist nicht bekannt; im 4. Monat entwickelt sich die Scheidewand zwischen beiden Oeffnungen zum Damm.

Trotz dieser geringen Zahl von Anhaltspunkten will ich es mit Zuhülfenahme der bei den Vogelembryonen gesammelten Erfahrungen in Anbetracht des praktischen Interesses, welches die vorliegende Frage hat, versuchen, die Missbildungen im Bereiche des untersten Abschnittes des Darmes, soweit dieselben aus der Entwickelungsgeschichte sich deuten und beurtheilen lassen, einer kurzen kritisch erläuternden Betrachtung zu unterziehen.

Es gehören hierher die Atresien des Rectums und Anus und die Cloakenbildungen. — Ich beginne mit letzteren.

Geht man von der Erfahrung aus, dass auch beim Menschen ursprünglich eine Cloake vorhanden ist, dass dieselbe im Laufe des dritten Monates zunächst ihre Trennung in Darmtheil und Urogenitaltheil erfährt und weiterhin der letztere Theil sich zerspaltet in gesonderte Ausführungsgänge für den Harn- und Geschlechtsapparat, so wird man mit der Deutung etwa vorkommender nicht complicirter Cloakenbildungen beim Fötus oder nach der Geburt keine Schwierigkeiten haben. — Legt man die von Förster „*Die Missbildungen des Menschen*“ gegebene Eintheilung zu Grunde, so sind zu unterscheiden:

1. Ausmündung des Urogenitalapparates und Darmcanales in einen gemeinsamen Hohlraum, der vollständig jeder Ausmündung nach dem Beckenausgange entbehrt.

Es ist die Entstehung dieser Missbildung zurückzuführen auf die Zeit vor der 4. Woche des Uterinlebens. Es bleiben die genannten Organe auf der Stufe der Ausbildung stehen, die zu jener Zeit als Cloakenzustand auch bei den höheren Thieren die normale ist.

2. Eine vollständige Cloakenbildung mit einer einfachen Ausmündung

Im Laufe der normalen Entwickelung erreicht der menschliche Embryo in der 4. Woche diese Stufe. Durch Hemmung der weiteren Ausbildung erklärt sich eine derartige Missbildung.

3. In verschiedener Weise modificirte Cloakenzustände; dazu eine Ausmündung, die jedoch nicht den Darm eröffnet, sondern nur dem Urogenitalapparat dient.

Die hierher zu rubricirenden so mannigfachen Formen einer persistirenden Cloakenbildung, also eines Zusammenhanges von Darm entweder mit der Vagina oder der Urethra oder Blase und die verschiedenen weiteren Complicationen in den Beziehungen der einzelnen Canäle zu einander lassen sich leicht verstehen, wenn man annimmt, dass die weitere Differenzirung der Cloake in einzelnen Fällen in abnormer Weise oder unregelmässig fortfortschreitet, ohne vollständig das Endziel zu erreichen, welches in der Norm im Laufe des 3.—4. Monates erreicht wird.

Der gleichzeitig auftretende Verschluss des Darmes allein ist eine schwerer zu deutende Complication. — Geht man von der bis jetzt allgemein geltenden Annahme aus, dass auch beim Menschen zunächst eine gemeinsame Cloakenöffnung vorhanden ist, und dass dieselbe erst weiterhin in getrennte Lumina zerfällt, so würde man, secundären Verschluss ausgeschlossen, bei den angeführten Missbildungen annehmen müssen, dass, nachdem bereits die Cloakenmündung vorhanden ist, im Laufe der im 3. Monate stattfindenden Differenzirung der Cloake der Darm von der Ausmündung wieder ausgeschlossen worden ist. Eine andere Art der Erklärung ist die, dass die Eröffnung der Cloake sich verzögert hätte, und dieselbe erst nach weiter fortgeschrittener innerer Ausbildung und auch dann nur partiell, nur für das Urogenitalsystem, eingetreten sei. — Leichter wäre allerdings die Deutung, wenn man nachweisen könnte, dass beim Menschen überhaupt keine Cloakenöffnung, sondern sofort getrennte Ausmündungen für Darm- und Urogenitalapparat auftreten. — Auf diesen Punkt wird bei Betrachtung der Atresien noch etwas näher eingegangen werden. —

Die Missbildungen der letzten Classe würden als Hemmungen der Entwickelung im Laufe des 3. und 4. Monates aufgefasst werden können.

Atresien. Man könnte die Atresien eintheilen

nach dem Grade: in Verklebungen, membranöse Verschliessungen, ausgedehnte Verwachsungen und schliesslich Fehlen eines Darmabschnittes; nach dem Sitze: Verschluss des Afters, Atresien im unteren und im oberen Theile des Rectums.

Unter Zusammenfassung beider Eintheilungsprincipien lassen sich folgende Arten von Atresien aufstellen:

1. Verschluss am untersten Darmende: Atresia ani und fehlende Dehiscenz.

2. Verschluss im unteren Theile des Rectums in Form einer ausbleibenden Dehiscenz oder einer eigentlichen Atresie; in beiden Fällen würde wohl eine Aftergrube als vorhanden gedacht werden müssen; ferner Verwachsung des unteren Darmendes mit oder ohne Fehlen der Aftergrube.

3. Verschluss im oberen Theile des Rectum als ausgebliebene Dehiscenz oder Atresie oder endlich als ausgedehnte Verwachsung.

4. Fehlen eines grösseren Abschnittes des Darmes, entweder des untersten Theiles, dabei auch wohl der Aftergrube oder Fehlen des ganzen Endabschnittes des Darmes, wohl des ganzen Rectum, mit oder ohne Mangel der äusseren Aftergrube.

Es mag diese Eintheilung vielleicht nicht allen in Wirklichkeit vorkommenden Fällen gerecht werden; einstweilen möge sie als Grundlage der anzustellenden Betrachtungen genügen.

Ich möchte der Besprechung dieser einzelnen Arten von Atresie die Bemerkung vorausschicken, dass nach dem augenblicklichen Stande unserer Kenntnisse die Erklärung der Atresien bei verschiedenem Sitze derselben desshalb auf bedeutende Schwierigkeiten stösst, weil noch nicht mit Sicherheit bekannt ist, welche Theile des späteren unteren Darmabschnittes aus den ursprünglich vorhandenen Abtheilungen des embryonalen Tractus intestinalis hervorgehen, also welcher Theil der Einstülpung der Körperoberfläche seine Entstehung verdankt, welcher Theil zur Cloake gehörte und wo sich später die Einmündung des früheren Darmes in die Cloake findet.

Es muss desshalb zunächst hier mit etwas hypothetischen Factoren gerechnet werden; indessen steht zu hoffen, dass selbst bei Zugrundelegung der Entwickelungsvorgänge eines den Säugethieren immerhin etwas fernstehenden Thieres, des Huhnes, diese Erwägungen bei fernerhin anzustellenden Untersuchungen und Beurtheilungen von Missbildungen nicht ohne Interesse und vielleicht, namentlich später, nicht ohne Nutzen sein werden, wenn nämlich die Erfahrung der Praxis in weiterem Maassstabe der embryologischen Forschung zu gute gekommen sein wird.

1. Art: Streicht die Haut glatt über die Afterstelle weg und hemmt nur eine dünne Epithelschicht die Ausmündung des Darmes, so wird man wohl annehmen müssen, dass in der Reihe der zur Eröffnung führenden Entwickelungsvorgänge die Aftereinstülpung allein ausgeblieben ist. Es würde ein solcher Fall, wenn er mit Sicherheit zur Beobachtung käme und nicht die Aftergrube vielleicht durch Andrängen des Darminhaltes verstrichen ist, beweisen, dass die von der Körperoberfläche dem Darm entgegenkommende Einstülpung überhaupt keinen nennenswerthen Antheil an der Bil-

dung des Tractus intestinalis habe. — Ist jedoch bei vorhandener Aftergrube nur die Dehiscenz etwas höher oben ausgeblieben, so kann man in diesem Falle — mag nun das Detail der Entwickelung bei den Säugethieren dem des Vogels gleich oder in irgend welcher Weise modificirt sein — annehmen, dass lediglich der Schlussact des oben näher geschilderten Vorganges der Vereinigung beider Epithelsäume, des Entoderms und Ectoderms, ausgeblieben ist, nämlich die Lösung der verschmolzenen Epithelien von einander. Hier speciell würde die Lösung an der Ectodermgrenze der bei dem Vogel räumlich ziemlich ausgedehnten epithelartigen Verschmelzung ausgeblieben sein — eine reine Hemmungsbildung vorausgesetzt.

Die membranösen Verschliessungen sind unter denselben Gesichtspunkten zu betrachten, wie die einfachen Verklebungen oder die ausgebliebene Epithelspaltung. Beim Vogel würde man zu der Annahme kommen, dass die Umwandlung jenes eigenthümlichen Gewebes, welches an der späteren Durchbruchsstelle vorhanden war, zum wenigsten in seinen unteren Theilen den oben geschilderten Process nicht durchgemacht habe und so ein Abschluss soliderer Art zu Stande gekommen sei.

2. Art. Das Detail der Vorgänge bei ausbleibender Dehiscenz oder durch eine Membran höher oben muss wohl in derselben Weise aufgefasst werden, wie bei der vorigen Art. Es bleibt nur die Frage zu erörtern, an welcher Stelle jener Mangel einer weiteren Ausbildung Platz gegriffen hat. Da einstweilen, wie oben schon gesagt, näherer Anhalt fehlt, welcher Theil des Darmes sich möglicherweise aus der Aftereinstülpung entwickelt, so wird man unter Zugrundelegung der Entwickelung des Vogels die Annahme machen dürfen, dass das kloakenwärts liegende Ende jenes erwähnten eigenthümlichen Gewebes in höherem oder geringerem Grade die nothwendige Umwandlung nicht durchgemacht hat und so eine der beiden Arten von Verschluss hier entstanden ist. — Fehlt gleichzeitig die Aftergrube und ist damit eine ausgedehntere Verwachsung des unteren Darmabschnittes vorhanden, so ist die Ansicht gerechtfertigt, dass mit dem Fehlen der Ectodermeinstülpung auch die volle Umwandlung des oben geschilderten Gewebes ausblieb und auf diese Weise ein etwas grösseres Stück des Darmcanales seiner völligen Ausbildung entbehrte. — Es ist noch weiter ein Wort zu sagen, wesshalb die Verschlüsse dieser zweiten Art in den Anfangstheil jenes Gewebspfropfes, welcher zwischen Cloake und Körperoberfläche eingeschoben ist, verlegt werden und nicht etwa in den Bereich der Cloake selbst. Die Cloake scheint, wenn einmal ausgebildet, stets offen zu bleiben; das besondere Verhalten ihres Epithels gegenüber dem in die Cloake einmündenden Darmabschnitte wurde höher oben besonders hervorgehoben; ferner scheint das zufliessende Nierensecret an sich allein einem Offenbleiben günstig zu sein; für die Annahme einer partiellen, nur auf den späteren Darmtheil der

Cloake beschränkten Verwachsung scheint keine Beobachtung zu sprechen. — Nach der gegebenen Auseinandersetzung stellt sich die zweite Art der Atresien nur als eine, vielleicht ganz allmähliche, Fortsetzung der ersten Art dar.

3. Art. Bei höherem Sitze eines Darmverschlusses bin ich geneigt, diejenige Stelle zunächst in Betracht zu ziehen, an welcher in der früheren Zeit der Entwickelung der Darm in die Cloake einmündet. Es zeigt diese Stelle so manigfach eigenthümliche Verhältnisse, dass sie schon weiter oben einer ausführlichen Besprechung unterzogen ist; das dort geschilderte Verhalten von Epithel und Wandung ist bis jetzt allerdings nur für Vogelembryonen für den Verlauf der normalen Entwickelung bekannt; für den Menschen liegen indessen Beobachtungen an Missbildungen vor, welche einen temporär vielleicht völlig gleichen Zustand von Darm und Cloake aufweisen. Es wäre sehr wünschenswerth und für diese Stelle auch wohl am leichtesten möglich, durch weitere Beobachtung zu bestimmen, in welcher Höhe des späteren Darmcanales sich dieser frühere Uebergang von Darm in die Cloake findet; wünschenswerth sowohl für Beurtheilung von Missbildungen, als auch für die Beziehung der späteren Darmabschnitte auf die embryonalen Theile desselben.

An genannter Stelle kommt eine zeitweilige Verlegung des Lumens und damit der Communication zwischen Darm und Cloake durch Epithel und Faltenbildung vor; lösst sich dieser Verschluss nicht wieder, so könnte die leichteste Form der Atresie resultiren; bei stärkerer Wucherung von Epithel und Falten dort oder unter Mitbetheiligung der Wand kann ein membranöser Abschluss bez. auch eine ausgedehntere Verwachsung zu Stande kommen. Bei einfacher Atresie entwickelt sich der untere Theil, die Cloake, in normaler Weise weiter. Differenzirt sich dieselbe überhaupt nicht, so müssen Complicationen mit persistirenden Cloakenzuständen neben Darmverschluss erscheinen; bei Annahme abnorm weiterschreitender Entwickelung ist die Zahl der möglichen Fälle von Missbildung eine noch grössere.

4. Art. Fehlen grösserer oder kleinerer Abschnitte des Rectum.

Zunächst kann der unterste Abschnitt des Tractus intestinalis fehlen. In den Fällen, in welchen zwischen dem blinden Darmende und der Körperoberfläche, bez. der Aftergrube nicht einmal eine strangförmige Verbindung aufzufinden ist, müsste man zu der Annahme greifen, dass der Gewebspfropf, welcher ursprünglich Cloake von der Ausmündung abhielt, überhaupt keine der sonst stattfindenden Veränderungen durchgemacht hat, der Darm also, nachdem er sich aus der Cloake herausgebildet hat, einfach blind endigt; etwas grösser wird der Defect dann, wenn auch gleichzeitig die Aftereinstülpung ausbleibt.

Fehlt dagegen ein grösserer Abschnitt, eventuell das ganze Rectum, so

lässt sich eine solche Missbildung in folgender Weise zu Stande gekommen denken: der Darm hat sich an seiner Ausmündung in die Cloake dauernd verschlossen und die letztere hat dann ihre Entwickelung nur zu Gunsten des Urogenitalsystemes durchgemacht.

Wie oben mehrfach gesagt, fehlen noch aus der Beobachtung der normalen Entwickelung Anhaltspunkte für die Bestimmung, welche Abschnitte des späteren Darmes aus den embryonalen Theilen desselben hervorgehen. Wie nützlich Beobachtungen auf pathologischem Gebiete hier werden können, lehrt neben vielen anderen der schon mehrfach citirte Fall von Missgeburt, der von Eisenach beschrieben worden ist. Man ersieht aus jener Publication den Werth, den Untersuchungen von Missbildungen für das Verständniss von Entwickelungsstadien haben, die sonst im Laufe der normalen Ausbildung nicht zur Kenntniss gekommen sind, abnormer Weise aber als Residuum einer früheren Zeit sich in dem Organismus erhalten. Denn der dort beschriebene Fötus zeigte die Beckenorgane in einem sonst wenig oder gar nicht für den Menschen gekannten Zustande der Entwickelung, der demjenigen eines Hühnerembryo von ungefähr 12 Tagen in hohem Grade entspricht, theils noch früherer Zeit angehört; damit zugleich die Aehnlichkeit der Entwickelung jener Thiere mit gewissen Stadien des menschlichen Embryonallebens. Wie beim Vogel, so war auch dort eine Abgrenzung des Darmes gegen die Cloake durch einen klappenartigen Vorsprung gegeben; der Darminhalt, welcher den als Flexura sigmoidea angesprochenen Endtheil des eigentlichen Darmes in Massen erfüllte, war nicht in die Cloake eingetreten; die Cloake war wohl ausgebildet, entbehrte aber noch völlig der Oeffnung gegen die Körperoberfläche. — War die Deutung des in die Cloake eintretenden Darmstückes als Flexura sigmoidea richtig, so liesse sich hieraus ableiten, dass der grössere obere Theil des Rectum aus der Differenzirung der Cloake hervorginge, vielleicht mit Ausnahme des unteren Theiles, der auf Kosten der Durchbruchstelle und der Aftereinstülpung der Körperoberfläche seine Entstehung nähme. Es wäre nicht undenkbar, dass in einer der später noch vorhandenen Falten im oberen Theile des Rectum die ursprünglich an der Uebergangsstelle in die Cloake vorhandene eingeschnürte Stelle des Tractus intestinalis wiederzufinden ist.

Eine Schwierigkeit, die für die Atresien der ersten und zweiten Art bleibt, darf hier nicht verschwiegen bleiben, nämlich die auch oben schon einmal angedeutete, wie es in all den Fällen ist, in denen nicht mit Cloakenbildung complicirte Atresien verschiedener Grade im untersten Darmtheile vorkommen. Es mag sein, dass es sich in solchen Fällen überhaupt nicht um die hier allein einer Besprechung unterworfenen Hemmungsbildungen handelt, sondern dass abnorme Entwickelung oder entzündliche Processe mit unterlaufen. Ausser den oben schon angegebenen Eventualitäten wäre

indessen auch noch eine andere Möglichkeit denkbar: man nimmt zwar allgemein an, dass auch bei Menschenembryonen anfangs eine Cloake mit einfacher Cloakenöffnung vorhanden sei. Es könnte aber auch die beim Menschen wohl sicher vorhandene Cloake durchaus nicht zuförderst eine gemeinsame Cloakenausmündung erfahren, sondern erst nach der Differenzirung der — vielleicht schon eingeleitete — Process des Durchbruches zu einer gesonderten Eröffnung für jedes einzelne System führen. Alsdann wären all die Fälle, in denen Verschluss des einen Canalsystemes ohne gleichzeitigen Verschluss des anderen vorkommen, die namentlich für den Darm so häufig sind, viel einfacher zu erklären. Welche Umwege bei Annahme einer einfachen, gemeinsamen ursprünglichen Cloakenöffnung gemacht werden müssen, ist oben bei Schilderung der Cloakenbildung schon hervorgehoben worden.

Tafelerklärung.

Die Bezeichnungen sind allen Figuren gemeinsam.

all	Allantois.	*g*	Gefässe.
B d	Bürzeldrüse.	*m*	Medullarrohr.
B F	Bursa Fabricii.	*pp*	Mesodermspalt (Pleuroperitonealhöhle).
ch	Chorda.	*u*	Stiel der Allantois zur Cloake.
cl	Cloake.	*U*	Ureter.
clh	Cloakenhöcker.	*WG*	Wolff'scher Gang.
d	Darm.		

Der dorsale Theil sämmtlicher Figuren ist nur andeutungsweise ausgeführt. Die Striche in Längsschnitt Fig. 5 bedeuten die Richtung und den Ort der Querschnitte 8—14. Fig. 8 entspricht dem ersten Strich rechts, Fig. 14 dem letzten links. Die Abbildungen sind mit der Camera clara angelegt.

Tafel XII.

Längsschnitte.

Fig. 1.	Hühnerembryo. Anfang des 4. Tages .	Vergrösserung	1—50.
Fig. 2.	„ Ende des 4. Tages . .	„	1—40.
„ **2a.**	Derselbe Embryo	„	1—80.
„ **2b.**	Ein gleichaltriger Embryo	„	1—80.
Fig. 3.	Hühnerembryo. Anfang des 5. Tages .	„	1—25.
„ **3a.**	Derselbe Embryo	„	1—60.
Fig. 4.	Hühnerembryo. Ende des 5. Tages .	„	1—25.
„ **4a.**	Derselbe Embryo	„	1—60.
Fig. 5.	Hühnerembryo. 6. Tag	„	1—25.
„ **5a.**	Derselbe Embryo	„	1—60.
Fig. 6.	Hühnerembryo. 7. Tag	„	1—20.
„ **6a.**	Derselbe Embryo	„	1—60.
Fig. 7.	Hühnerembryo. 12. Tag	„	1—20.
„ **7a.**	Derselbe Embryo	„	1—60.

Die unter stärkerer Vergrösserung neben die Hauptfiguren gesetzten Abbildungen wiederholen die für den Durchbruch der Cloake wichtige Stelle der Hauptfigur in vergrössertem Maassstabe. — Der dorsale Theil der Fig. 3 fällt seitlich von der Mittellinie.

Tafel XIII.

Querschnitte.

Fig. 1—14. Serie von der Cloake und der Stelle des Cloakendurchbruches eines Hühnerembryo von 6 Tagen, gleichaltrig dem in dem Längsschnitte Fig. 5 abgebildeten. Die Beziehung beider zu einander ist durch die Striche in Fig. 5 angegeben (s. oben.)

Die Ausführung dieser Figuren beschränkt sich auf die Durchbruchstelle. Die Contouren sind mit der Camera clara gezeichnet. — Vergrösserung 1—50.

Ueber ein Canalsystem im Mesoderm von Hühnerembryonen.

Von

Dr. Albrecht Budge,
Privatdocent und Assistent am anatomischen Institute in Greifswald.

(Hierzu Tafel XIV.)

In Folgendem kann ich Mittheilung machen über ein Canalsystem im Gefässblatte junger Hühnerembryonen, das mit dem Amniossacke in Verbindung steht, als dichtes Netz das mittlere Blatt durchzieht und nach Aussen durch ein terminales Ringgefäss seinen Abschluss erreicht. Dasselbe ist vollkommen unabhängig von dem Blutgefässsystem, nur hat es in seiner Anordnung einige Aehnlichkeit mit ihm, was sich besonders, wie wir noch unten sehen werden, an den Canälen, welche grössere Blutgefässe begleiten, ausspricht.

So ist das Verhalten bei Hühnerembryonen ungefähr am Ende des dritten Tages. Die Ausbildung der Blutgefässe war bei den Embryonen, welche ich vor mir hatte, mit geringen Schwankungen folgendermassen. Die Vena terminalis ist vollkommen ausgebildet, mit deutlicher Wandung und Blutinhalt; ebenso die einfache oder doppelte Vena omphalo-meseraica superior und die beiden Arterien; eine untere Vene noch nicht entwickelt; das Capillarsystem zum grossen Theil schon vorhanden; der Amniossack geschlossen, am Kopftheil weiter, dem hinteren Theil noch ziemlich eng anliegend, schon mit Flüssigkeit gefüllt. Die übrige Ausbildung des Hühnchens, als hier nicht genauer in Betracht kommend, übergehe ich.

Ausser mit dreitägigen Embryonen habe ich einige Versuche mit jüngeren und älteren Embryonen gemacht; dieselben sind aber noch nicht zum Abschluss gediehen, so dass ich sie hier nicht berücksichtigen will. Ich beschränke mich also vorläufig auf die Resultate, die ich für das angegebene Entwickelungsstadium gefunden habe.

Um eine Controlirung meiner Befunde zu ermöglichen, muss ich auf eine genaue Beschreibung der Technik eingehen.

Das Ei wird am zweckmässigsten am stumpfen Ende geöffnet (v. Baer), gut vom Eiweiss gereinigt, dann in ein kleines Glassgefäss, wie sie sehr brauchbar von His angegeben sind, gebracht; dann noch durch vorsichtiges Streichen mit dem Finger von der meist noch anhaftenden dünnen Eiweissschicht befreit.

Als Injectionsflüssigkeit benutzte ich das bekannte wässerige Berlinerblau allein oder dasselbe mit Leimzusatz. Für letzteren Fall ist ein Warmhalten des Eies durch ein kleines Wasserbad, auf dem die Injection vorgenommen werden kann, nothwendig. Als Spritzen eignen sich am besten die neuerdings sehr verbesserten Pravaz'schen, an denen das untere Ansatzstück, auf welches die Canüle gesteckt wird, nicht mehr festgekittet, sondern direct auf das Glas geschraubt wird. Man senkt nun eine freie Canüle (mit scharfer Spitze und recht weitem Lumen) in der Gegend des hinteren Endes des Embryo in möglichst spitzem Winkel zur Oberfläche zunächst unter das Dotterhäutchen, dann tiefer, bis man auf dem Embryo selbst trifft und ihn mit der Canülenspitze hin und her bewegen kann, ohne das umliegende Gewebe mit zu verschieben. Man dringt dann parallel der Längsaxe des Embryo bis in die Nähe des Kopfendes vor und lässt bei minimalem Drucke die Injectionsmasse in den Amniossack fliessen. Als Beweis, dass man wirklich im Amniossacke ist, dienen zwei Merkmale. Die sich mit der Amniosflüssigkeit mischende Injectionsmasse wird durch das pulsirende Herz hin und her bewegt, was man mit blossen Augen deutlich wahrnehmen kann. Dann ist zweitens der Weg, den die Masse nimmt, so charakteristisch, dass man schon vorhersagen kann, ob die Injection gelingt oder nicht. Der Kopftheil des Embryo bis etwa zu der Austrittsstelle der Arteriae omphalo-meseraicae wird von der Injectionsmasse verdeckt, der Schwanztheil dagegen, wird von einem blauen Streifen umgeben, der bloss an den Seiten sichtbar ist, während die obere Fläche des Embryo an dieser Stelle frei bleibt (vgl. Abbildung).

Setzt man, nachdem dieses Bild entstanden, die Injection behutsam fort, so erhält man bald an dieser, bald an jener Stelle Stücke des injicirten Canalsystems. Die Injection grosser Strecken durch gesteigerten Druck zu erzwingen, ist wegen der Weichheit der Gewebe nicht räthlich und führt regelmässig zu Extravasaten.

Um den Verlauf des Canalsystems auf grössere Strecken zu studiren, ist folgendes Verfahren sehr brauchbar. Nachdem man in der angegebenen Weise Berlinerblau ohne Leimzusatz in den Amniossack gespritzt hat, so dass eine mässige Füllung eingetreten ist, streicht man mit einer wohl angefeuchteten Nadel langsam die Masse nach der Seite, wohin man injiciren will.

Sobald der Uebertritt in die Canäle erfolgt, treibt man die Masse weiter. Auf diese Weise kann man den Weg, den dieselbe nimmt, durch allmähliches Fortschieben auf grosse Strecken hin verfolgen. Man kann auch gleichzeitig sehen, ob Extravasate entstanden sind. Drückt man nämlich in solchen die Masse weiter, so entstehen bei jedem Drucke neue Bilder, während, so lange die Masse in den Canälen verläuft, die Form der Ausbreitung den bestimmten Charakter beibehält. Leider geben die nach dieser Untersuchungsmethode angefertigten Präparate keine guten mikroskopischen Bilder, weil die Masse brüchig erscheint.

Auf diese Weise habe ich vom Amniossacke aus etwa zwei Drittel des ganzen Ringgefässes füllen können.

Es gelingt auch ferner bei einiger Uebung das Ringgefäss selbst nebst kleinen von ihm abgehenden Aestchen, sowie die beiden Schenkel, welche die Vena omphalo-meseraica begleiten, direct durch Einstich sowohl mit Leim, als auch mit wässerigem Berlinerblau zu füllen. Zu diesem Zwecke schiebt man die Nadel bis in das Mesoderm vor und zwar direct auf die grösseren Venenstämmchen, als ob man diese selbst injiciren wollte. Man erkennt, ob man den Einstich richtig gemacht hat daran, dass das Blut aus dem vor der Nadelspitze gelegenen Theil der Vene entweicht und diese dann weisslich wird. Natürlich erhält man hierbei nicht selten Extravasate oder Blutgefässfüllungen. Letztere sind auf den ersten Blick zu kennen und bieten ganz andere Bilder dar.

Schliesslich will ich noch der missglückten Injectionen erwähnen, um Anderen, die meine Arbeit controliren, eine Erleichterung zu verschaffen und sie vor Täuschungsbildern zu bewahren.

1. Die Injectionsmasse tritt zwischen Keim und Dotterhäutchen ein, überdeckt letzteren dann in grösserer oder geringerer Ausdehnung, als diffuse Masse, die sich mit der Nadel leicht über den ganzen Dotter verschieben lässt. Es geschieht dies, wenn der Amniossack noch nicht vollständig geschlossen ist oder Zerreissungen beim Einführen der Nadel stattgefunden oder endlich, wenn man mit dem Injectionsdruck zu früh beginnt, ehe die Nadel weit genug im Amniossacke steckt.

2. Es erfolgt ein Durchstossen in den Dotter, was leicht erkennbar ist.

3. Täuschungen ist man am leichtesten ausgesetzt, wenn die Injectionsmasse zwischen erstes und zweites Keimblatt eingetrieben wird. Es entsteht dann auch ein Netzwerk von Gängen, die sich aber wesentlich von dem eigentlichen Canalsystem unterscheiden. Es werden hierbei die von den Blutgefässen freibleibenden Maschen gefüllt, sodass man, wenn man die Blutgefässe an solchen Präparaten mit Eosin tingirt, ein regelmässiges

blaues Netzwerk erkennt, dessen Maschen nur durch die schmalen Capillaren begrenzt werden. Makroskopisch ist dies leicht zu erkennen. Die Injectionsmasse greift weiter um sich, gewöhnlich bis zur Grenze der Area pellucida und opaca. Der gefüllte Raum stellt keinen Sack dar, sondern eine in der Mitte höhere an den Rändern sich zuschärfende Platte.

Die Resultate, die ich durch die eben angegebenen Methoden erhielt, sind nun folgende:

Wie schon oben kurz angegeben, befindet sich nach innen von der Terminalvene ein Ringgefäss, etwa ein Drittel breiter, als jene. Dasselbe folgt ihrem Verlauf, so dass es also einen nach innen gelegenen nahezu concentrischen Kreis darstellt. Der innere Contour der Vene und der äussere des Ringgefässes sind durch einen für's blosse Auge ganz schmalen Zwischenraum von einander getrennt, besonders deutlich an Stellen, wo die Vene geschlängelt, das Ringgefäss mehr gerade verläuft.

Dort wo die Terminalvene die Vena omphalo-meseraica superior zum Embryo schickt biegt das Ringgefäss mit seinen beiden offenen Schenkeln nach hinten um, die Vene zwischen sich nehmend, um in den Amniossack überzugehen. Sind zwei solcher Venen vorhanden, wie es bekanntlich häufig der Fall ist, so bleiben beide Venen zwischen den Schenkeln des Ringgefässes. Letztere werden durch feine Stämmchen verbunden, die wie Brücken sich über das Blutgefäss hinüber spannen. Mit dem Amniossacke steht also das Ringgefäss durch die beiden Schenkel in offener Verbindung.

Nicht selten finden sich noch grössere Stämme da, wo die Arteriae omphalo-meseraicae den Embryo verlassen. Ein Mal fand ich einen grösseren Stamm an der Stelle, an welcher sich später die untere Dottervene entwickelt.

Ausser diesen grösseren Stämmen sind zahlreiche kleinere Stämmchen vorhanden, die aus dem Sacke hervorgehen, bez. in ihn einmünden. Beim Beginne einer Injection oder bei unvollständigen Füllungen ist der Contour des Amniossackes nicht glatt, sondern mit für's blosse Auge schon sichtbaren feinen Spitzen versehen. Es sind dies, wie man sich leicht bei stärkerer Vergrösserung überzeugt, die Anfänge der Canäle, in denen die Injectionsmasse nicht weiter gedrungen ist.

Die Stellen, wo die Füllung über weitere Strecken geht (cf. Abb.) sieht man ein engmaschiges Netz die Verbindung herstellen zwischen dem terminalen Ringgefässe und dem Amniossacke. Form und Anordnung dieses Netzes lassen sich mit wenigen Worten charakterisiren: es gleicht vollkommen einem Lymphgefässnetze, was leicht aus der Abbildung ersichtlich ist.

Genauere Details ergaben sich weiter aus den mikroskopischen Untersuchungen an Flächenbildern und Schnitten.



Zunächst entstand nun, um die Selbständigkeit eines Canalsystems darzuthun, die Frage, ob die Injectionsmasse in fest begrenzten Räumen enthalten, also eine Wandung vorhanden sei, und welche Beschaffenheit dieselbe habe.

Zu dieser Untersuchung dienten mir fast ausschliesslich Objecte, die mit Leimmasse injicirt waren, ein für diesen Zweck ungleich zuverlässigeres Material, als die mit wässerigem Berlinerblau injicirten. Dabei ist es vortheilhaft, unvollständige Injectionspräparate zu wählen, weil man bei ihnen vor einer Verwechselung mit Extravasaten weit mehr geschützt ist.

Die Zubereitungsweise der Präparate geschah nach bekannten Methoden in mannigfacher Weise.

Die dem Dotter frisch nach der Injection entnommenen Objecte wurden, nachdem sie gut abgespült waren, 24 Stunden in Müller's Lösung (am besten halb mit Aqua dest. verdünnt) gelegt, dann ausgewaschen und entweder in einem Gemisch von Glycerin und Salzsäure (100 : 1) oder in Canadabalsam untersucht.

Bei schwacher Vergrösserung (Hartnack Oc. 3. Objectiv 1 – 4) ist an diesen Flächenbildern das Ringgefäss nach Aussen gegen die Terminalvene scharf abgegrenzt, einen Zwischenraum lassend, der bald breiter, bald schmäler ist, je nachdem ersteres den Schlängelungen der Vene folgt, gestreckt verläuft, oder selbst Ausbuchtungen hat. Nach Aussen hin habe ich nur ganz selten kleine Aestchen über die Vene fortgehen sehen, die aber nie den Aussenrand der Vene überschritten, sondern als kleine kolbige Anhänge im Bereiche der Area vasculosa endigten. Der innere Rand dagegen ist an nicht vollständig injicirten Präparaten, sehr unregelmässig gestaltet, indem er eine Menge von Aestchen (vergl. Abbild.) bald spitzer bald stumpfer, dem Embryo zugerichtet zeigt. Es sind auch dies wiederum, wie beim Amniossacke die Anfänge der Aeste, die mit dem Ringgefässe in Verbindung stehen und schon Theile des beschriebenen Netzwerkes darstellen.

Das Lumen des Ringgefässes selbst, ist verschieden weit, besitzt kolbige Anschwellungen, zeigt keine Klappen, was auch mit den Injectionsbefunden übereinstimmt. Die Abgrenzung ist äusserst scharf und tritt häufig besonders deutlich hervor, wenn man nach der Leiminjection das Präparat mit 0,5 Proc. Argentum nitr.-Lösung imbibirt. Manchmal konnte man auch den Canal noch ein Stück weiter verfolgen über die Stelle hinaus, bis zu der die Injectionsmasse gedrungen war. Es erklärt sich dies leicht, wenn man bedenkt, dass bei Injectionen in den Amniossack Flüssigkeit vor der Injectionsmasse hergetrieben wird und so noch eine Strecke weit die Wandungen des Canals ausdehnt. Endothel habe ich hierbei nicht mit Bestimmtheit nachweisen können. Man glaubt es manchmal zu sehen und doch wage ich nicht, bei der grossen Menge von sich durch Höllenstein-

Einwirkung abgrenzenden Zellen mit Sicherheit zu behaupten, ob sie diesen Canälen angehören oder nicht.

Directe Injectionen von Arg. nitr. in den Amniossack gaben mir auch keine weiteren Resultate. An Injectionen von Leim mit Arg. nitr. wurde ich durch plötzlich eingetretenen Mangel an ausbrütbaren Eiern gehindert, eine Methode, die mich wohl zum Ziele führen wird.

Die deutliche Abgrenzung der Canalwandung lässt auch die Eosinfärbung injicirter Objecte erkennen. Ich besitze ein Präparat, an dem ich auf eine weite Strecke hin über die Injectionsmasse hinaus den Canal mit absoluter Sicherheit verfolgen kann. Endlich habe ich an Querschnitten die Untersuchungen vervollständigt.

Präparate mit Leim injicirt in Müller'scher Lösung und Alkohol gehärtet, wurden in Seife (Flemming) eingebettet.

An diesen konnte ich einmal die Lage, zweitens, wenigstens für das Terminalgefäss eine deutliche Wand nachweisen. Das Ringgefäss liegt dicht unter dem obersten Keimblatte in derselben Höhe, wie die Terminalvene. Ebenso sind Querschnitte von kleinen Gefässen sichtbar, die alle ihre Lage dicht unter dem obersten Blatte haben. Die Durchschnitte sowohl des Ringgefässes, wie auch die von kleineren Aesten zeigen ganze scharfe Abgrenzung, die sich als feiner Saum gegen die Injectionsmasse abheben. Dass dies eine eigene Membran ist, davon erhielt ich den vollkommensten Beweis, an Präparaten, an denen die Injectionsmasse herausgefallen war. An ihnen sah ich deutlich das Lumen begrenzt von einer durchschnittenen feinen, aber schon bei Hartnack Oc. 3 Obj. 4 sichtbaren Haut. Sie war bei einem Präparate von den unterliegenden Zellen abgehoben, dicht an das erste Keimblatt angeheftet. Durch Druck auf das Deckglas wurde bei etwas dickeren Schnitten diese Membran von der Fläche sichtbar. An solchen Objecten glaube ich auch Zellen mit Kernen erkannt zu haben. Ihre gegenseitige Abgrenzung war wenig markirt.

Hiernach kann ich als bestimmt angeben, dass die Canäle eigene Wandung haben: über den Bau dieser Wandung, so wahrscheinlich mir auch ihre Zusammensetzung aus Zellen geworden ist, masse ich mir bis auf Weiteres noch kein sicheres Urtheil an.

Mit Absicht habe ich den Ausdruck Lymphgefässsystem für das eben beschriebene Canalsystem vermieden, weil mir hierfür noch nicht Anhaltspunkte genug gewonnen zu sein scheinen. Und doch liegt der Gedanke hieran nahe.

Die Form und Anordnung entspricht vollkommen einem solchen. Es ist ferner höchst wahrscheinlich, dass in demselben eine, wenn auch nicht rhythmische Circulation stattfindet, da v. Baer deutliche Contraction, Remak musculöse Elemente im Amnios beobachtet hat. Nach der Lage

der Canäle endlich in ihrem Verhältnisse zu den Blutgefässen, ihrer Ausbreitung über einen grossen Theil des Dotters ist es wohl denkbar, dass der Inhalt derselben und der gleiche des Amniossackes beim Embryo dieselbe Rolle spielt, wie die Lymphe beim ausgebildeten Thiere.

Hr. Prof. His hatte die Freundlichkeit, mich auf eine von mir nicht discutirte Frage aufmerksam zu machen.

Er hat (vgl. seine *Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes*, S. 203 u. f., ferner Taf. VIII IV 2 links, besonders Taf. IX Fig. 8, 13 und 14) das über dem Gefässblatte zur Ausbildung gelangende, von Fortsätzen des letzteren durchsetzte und umkleidete Lückensystem als Lymphräume gedeutet. In welcher Beziehung dasselbe zu dem von mir injicirten Canalsysteme steht, darüber endgiltig zu entscheiden, sind noch weitere Untersuchungen erforderlich.

Greifswald, October 1880.

Erklärung der Abbildung Tafel XIV.

Beigefügte Abbildung hat mir Hr. Professor Sommer angefertigt, dem ich für dieselbe meinen herzlichen Dank ausspreche.

Dieselbe stellt einen Hühnerembryo vom Ende des 3. Tages dar mit den rothen Dotterblutgefässen, den beiden Arterien, einem Theil der Capillaren, der Terminalvene und der oberen Dottervene.

Das ganze Canalsystem ist blau; es ist aus drei Präparaten zusammengesetzt.

Die Injection ist in den Amniossack gemacht. Der Embryo ist bis auf das untere Ende mit blauer Injectionsmasse bedeckt. Der Amniossack lässt einen mit zahlreichen Zacken versehenen Contour erkennen. Diese Zacken sind Anfänge von Canälen. Die Injectionsmasse ist an drei Stellen weiter vorgedrungen und zwar nach vorn, wo die die obere Dottervene begleitenden Canäle sichtbar sind und nach hinten. An letzteren sieht man die ganze Ausbreitung des Canalsystems zwischen Amniossack und dem Ringgefäss. Dieses zeigt an unvollständig injicirten Stellen gleichfalls Anfänge von Canälen.

Vergrösserung 8; das Objectiv 1 von Hartnack wurde (nach Angabe von His) direct an das Zeichenprisma geschraubt.

Beiträge zur Mechanik der Herzbewegung.

Von

Dr. Fr. Hesse,
bisherigem Prosector an der anat. Anstalt in Leipzig.

(Hierzu Taf. XV u. XVI.)

Von jeher stellte man der beschreibenden Myologie die Aufgabe, neben der Gestalt des erschlafften Muskels auch die Wirkung zu ermitteln, die er durch seine Zusammenziehung üben kann. Um diese letztere zu erkennen, bediente man sich für die Muskeln des Skelets einer Methode, die nur auf diese anwendbar, weil sie die Leistung des Muskels nicht sowohl aus seiner Faserung, als aus der Stellung seiner Ansatzpunkte ableitete. Dieses Verfahren ist für die Muskeln, wie sie am Herzen vorkommen, nicht mehr brauchbar, und man wird desshalb, um auch an ihnen Aehnliches wie an den Skeletmuskeln zu erkennen, zu neuen Hülfsmitteln greifen müssen, analog den von Duchenne an den reizbaren Muskeln des Skelets und des Gesichtes angewendeten. Diese werden hier ebenso wenig wie dort darin bestehen, aus einer Zergliederung der Fasern und einer darauf gegründeten analytischen Behandlung die Form im erschlafften und contrahirten Zustande der Muskeln abzuleiten, sondern sie werden sich darauf zu beschränken haben, die Form des Herzens in zwei Grenzstellungen zu fixiren und für diese die gegenseitigen Beziehungen der Herztheile zu ermitteln. Aus dem Vergleich beider Zustände werden sich Aufschlüsse über die eingetretenen Aenderungen ergeben, und dann erst wird sich mit Aussicht auf Erfolg die Frage stellen lassen: wie geschieht der Uebergang der einen Form in die andere.

Aber welche Vortheile kann eine genauere Darstellung dieser Verhältnisse bieten, da es doch schon bekannt ist, dass das schlaffe Herz sich nur von einer Seite her füllt, und das contrahirte seinen Inhalt nur nach einer Seite hin auswirft? Lassen wir die Genugthuung ganz ausser Frage, einen

Vorgang zu erkennen, dessen Wichtigkeit für das Leben unbestritten. Zu bestimmen sind die Grenzwerthe der Leistungsfähigkeit des Herzens, das maximale und minimale Volumen seiner Höhle, die Schlussfähigkeit seiner Klappen, seine Wirkung auf den Spitzenstoss, seiner Axendrehung u. s. w., also lauter hydraulisch und diagnostisch bedeutungsvolle Momente. Aber noch weiter, das endliche Ziel der Muskelphysiologie des Herzens, die Ableitung seiner Formen aus dem Zusammenwirken verschieden verlaufender Fasern, ist nur auf diesem Wege zu erstreben, weil das Problem eine bestimmte Fassung erhält durch seine vorweggenommene Lösung.

Die erste Aufgabe, die wir uns stellten, war die, an ein und demselben Herzen Vergleichungen zwischen seiner diastolischen und seiner systolischen äusseren Gestalt anzustellen.

Bei dem fortwährenden schnellen Wechsel beider Zustände kann dies am lebenden Thiere unmöglich mit hinreichender Genauigkeit geschehen und wir nahmen deshalb unsere Zuflucht zu dem überlebenden Herzen des frisch getödteten Thieres. Durch Hrn. Prof. C. Ludwig wurden mir zu den angestellten Versuchen die Hülfsmittel des physiologischen Instituts zur Verfügung gestellt. Hierfür, wie für den mannigfach gewährten Rath und Beistand habe ich demselben besten Dank zu sagen.

Der Hund wurde aus den Carotiden verblutet, das Herz nach Unterbrechung aller Vorhofszuflüsse herausgenommen und die Aorta und Pulmonalarterie jede mit einem Glasrohr versehen, das gleichzeitig zur Suspendirung des Herzens und zu seiner Füllung mit dem defibrinirten Blut desselben Thieres diente. Die Pulsation der Vorhöfe, welche sogleich eintritt und sich fast eine Stunde lang erhält, und die Weichheit, die die Ventrikelwandung in dieser gangen Zeit behält, zeigen, dass unter solchen Umständen das Herzfleisch sehr lange lebensfähig erhalten, und vor Todenstarre geschützt werden kann.

Zuerst versuchten wir an solchen erweiterten Herzen eine Anzahl von Messungen der Oberfläche in verschiedenen Richtungen vorzunehmen, in der Absicht, diese Maasse mit denen zu vergleichen, die das Herz nach seiner Contraction aufweisen würde. Die Contraction wurde dadurch herbeigeführt, dass wir das Herz entleerten und durch Eintauchen in eine auf 50° C. erwärmte gesättigte Lösung von doppelt chromsaurem Kali wärmestarr machten. Indess es begegneten uns hierbei zwei empfindliche Uebelstände. Erstens liessen sich nach der Veränderung, welche die Herzoberfläche durch die Contraction erfahren hatte, nur für sehr wenige Maasse genau dieselben Punkte wiederfinden, deren Abstände am dilatirten Herzen gemessen worden waren, zweitens hatten wir bei dieser Methode das dilatirte Herz für immer verloren. Die davon abgenommenen Maasse konnten für seine körperliche Erscheinung doch nur einen sehr unvollkommenen Ersatz bieten und in der

Vervollkommnung der Versuche durch Vermehrung der Messungen waren wir durch die Zeit beschränkt, die zwischen dem Tode des Thieres und dem Eintritt in die Todenstarre liegt.

Die Beseitigung des ersten Mangels bestand darin, dass wir auf der Herzoberfläche eine Anzahl Marken anbrachten, welche ihren Ort auch bei der Contraction unverändert beibehalten. Wir benutzten hierzu kleine Nadeln, wie sie die beistehende Abbildung in natürlicher Grösse zeigt. Die Spitze der Nadeln beschreibt eine viertel bis halbe Schraubenwindung und wird bis zur Kuppe in's Herzfleisch ein-eingedreht. Dann wird der Ring, der nur zur bequemen Handhabung dient, mit der Drahtzange abgeklemmt, sodass nur die kleine Kuppe über der Herzoberfläche stehen bleibt. Die spirale Drehung sichert den Verbleib der Nadel im Herzfleisch bei der nachfolgenden Contraction in ausgezeichneter Weise, ja sie gewährt selbst gegen stärkere Manipulationen, denen das Herz ausgesetzt wird, genügenden Widerstand. Die Einführung der Nadeln aber ist so leicht, dass sich in wenigen Secunden eine ganze Anzahl davon appliciren lässt.



Dem zweiten Uebelstande liess sich dadurch abhelfen, dass die Oberfläche des mit Marken versehenen Herzens im dilatirten Zustande abgegypst und von der so erhaltenen Hohlform ein neuer Gypsausguss hergestellt wurde. So liess sich das dilatirte Herz mit allen Einzelheiten der Oberfläche auf die Dauer erhalten. Es gehört hierzu schon viel Gewandtheit. Denn die Hohlform muss erstarren, bevor die Todenstarre eintritt, die Gypsschicht muss von geringer Dicke sein, um das Herz möglichst wenig zu belasten, und dieser Umstand erschwert dann das Zusammensetzen der zertrümmerten Form. Durch Anwendung von Herzen ganz frisch verbluteter Thiere liess sich die zum Abgypsen erforderliche Zeit gewinnen; für Ueberwindung der technischen Schwierigkeiten aber sind wir dem hiesigen Gypsmodelleur, Hrn. Steger, zu grossem Dank verpflichtet. — Dass das Herz von dem Gewicht des aufgelegten Gypsbreies nicht verändert wurde, bewies der Stand der Flüssigkeitsspiegel in den beiden in die Aorta und Pulmonalarterie eingesetzten Füllungsröhren. — Der grösseren Handlichkeit wegen haben wir dann jedes Mal auch von dem contrahirten Herzen noch einen Gypsabguss hergestellt und die vergleichenden Messungen an den beiden zusammenhängenden Abgüssen vorgenommen.

Der nächste Abschnitt, welcher über die äussere Gestalt des Herzens handelt, enthält die Mittheilung der auf diesem Wege gewonnenen Resultate.

Für die Untersuchung der Ventrikelhöhlen und -Wandungen ist dieselbe Methode nicht anwendbar, da sich Ausgüsse der Höhlen nicht herstellen lassen, ohne dass die Wand zerstört wird. Wir haben uns für diesen Zweck Paare von jungen Hunden gleichen Wurfes verschafft. Es liess

sich voraussetzen, dass bei Uebereinstimmung von Alter, Körpergrösse und Gewicht zweier Thiere desselben Wurfes auch die Herzen übereinstimmende Dimensionen besitzen würden, und diese Voraussetzung fand durch Messungen der lebensfrisch entnommenen Herzen ihre volle Bestätigung. Indem die Herzen in ihrem Herzbeutel verblieben, wurde allem Ausfliessen des Ventrikelinhaltes vorgebeugt und um auch den Ausflussöffnungen keine unnatürliche Gestalt zu geben, wurde die Aorta und Pulmonalarterie abgebunden und jeder Ventrikel von einer Vorhofsvene ausgefüllt, während die übrigen ebenfalls Ligaturen erhielten.

Das eine Herz wurde nun mit defibrinirtem Blut unter wenigen Centimetern Druck gefüllt, in eine kalte gesättigte Lösung von doppelt chromsaurem Kali getaucht, während das andere entleert und in einer auf 50° erwärmten Lösung desselben Salzes zur Wärmestarre gebracht wurde. Nach 4 bis 5 Tagen wurde das Blut aus dem dilatirten Herzen abgehoben und durch die erhärtende Lösung ersetzt. Nach 8 bis 10 Tagen ist die Erhärtung beider Herzen in der beabsichtigten Form erfolgt und zwar ist die Erstarrung eine solche, dass die nachfolgende Alkoholbehandlung, welche das Zerlegen der Präparate in dünne Scheiben erleichtert, keine nennenswerthen Formveränderungen mehr daran hervorbringt. Dieser Methode verdankt die ganze Taf. XVI ihre Entstehung.

Wir haben für die Fixirung des Herzens dem chromsaurem Kali den Vorzug vor dem Alkohol gegeben, nicht nur wegen der wasserentziehenden Wirkung die der Alkohol hervorbringt, sondern auch weil dieselbe auf das überlebende Herzfleisch einen so starken Reiz ausübt, dass die Erhaltung der dilatirten Form durchaus unzuverlässig wird.

Eine kritische Erwägung der geschilderten Methoden wird schwerlich verfehlen, dem Leser die Frage hervorzurufen: Entspricht die künstliche Erweiterung, die unsere Herzen erfahren haben, der natürlichen Diastole und ist die künstliche Starre identisch zu setzen mit dem natürlichen systolischen Zustande?

Im Leben ist die diastolische Gestalt des Herzens abhängig von den elastischen Eigenschaften seiner Wände und von dem Druck, welchem die Aussen- und Innenfläche exponirt ist. Da wir nun eine Erweiterung der Herzen herbeiführen, welche, wie das Pulsiren der Vorhöfe und selbst der Ventrikel erkennen liess, ihre Contractilität, also ihre wichtigste Lebenseigenschaft besassen, so ist nicht anzunehmen, dass die elastischen Eigenschaften der Muskelwandungen wesentlich gestört gewesen wären. Den Druck auf die inneren Wandflächen aber suchten wir dem Leben möglichst nachzuahmen, indem wir die Ventrikel unter einem Drucke von etwa 150^{mm} Blut füllten. Hierdurch gelangen, wie wir später zeigen werden, die Ventrikel nahezu auf das Maximum ihrer Füllung.

Unzweifelhaft kann behauptet werden, dass die Gestalt, welche das Herz unter Anwendung der geübten Methode bei einem gegebenen Werthe der drückenden Blutsäule annimmt, nur noch von den elastischen Eigenschaften der Herzwand abhängig sei. Somit könnte man die von mir erzeugte diastolische Gestalt die typische nennen, von welcher alle anderen, die unter Anwesenheit von accessorischen Widerständen auf der Aussenfläche des Herzens entstanden sind, nur Bruchstücke darstellen. Damit ist auch ausgesprochen, dass vom theoretischen Standpunkte aus die von mir erzeugte Gestalt den allgemein giltigen Ausgangspunkt für die Contraction giebt und dass sich alle anderen diastolischen Formen aus ihr ableiten lassen, wenn man im Stande ist anzugeben, wie sich die Widerstände über die äussere Herzoberfläche vertheilen.

Um endlich die dauernde Contraction der gesammten Musculatur herbeizuführen, haben wir kein Mittel finden können, welches zu gleicher Zeit eine so energische Wirkung und so wenig störenden Einfluss auf die Textur der Herzwandungen ausüben könnte, als die combinirte Einwirkung von Wärme und einer Gerinnung herbeiführenden Salzlösung. Hierdurch gelang es auch, nicht nur eine sehr vollständige Zusammenziehung zu erreichen, sondern gleichzeitig die Form des Herzens dauernd so herzustellen, dass die Theile desselben auch nach der Zerschneidung in der Lage verharrten, welche ihnen während der Systole eigen war.

Die äussere Gestalt des Herzens.

Sind die Ventrikel, deren Wandungen noch reizbar sind, von den grossen Arterien her unter dem Druck einer etwa 150 ^{mm} hohen Blutsäule gefüllt worden, und ist dabei ihrer Ausdehnung kein äusseres Hinderniss entgegengetreten, so haben sie eine Gestalt angenommen, welche sich im Ganzen und Grossen einer Halbkugel nähert. Von den drei aufeinander senkrechten, die grössten Ausbuchtungen mit einander verbindenden Geraden kommt die bedeutendste Länge der zu, welche an der Basis der Ventrikel von rechts nach links gezogen wird; die in derselben Ebene von hinten nach vorn gelegte ist etwas kleiner und die von der Spitze nach der Ebene der Ostia venosa gelegte die kürzeste. — Ueber die Ebene, welche durch die beiden venösen Oeffnungen gelegt werden kann, ragt der Conus arteriosus in der Richtung nach den Arterien hin merklich hinaus. Die Fläche, in deren Mitte die hintere Längsfurche liegt, ist in der Richtung von der Basis zur Spitze merklich weniger gewölbt, als die vordere Fläche, auf welcher sich die grösste Ausbuchtung des rechten Ventrikels ausprägt.

Die vordere Längsfurche, in welcher die Aussenwand des rechten Ventrikels mit dem linken verschmilzt, zieht in einer Spirale nach abwärts und rechts und hat eine nicht unbedeutende Tiefe.

Haben sich die noch reizbaren Muskeln unter widerstandloser Entleerung ihres flüssigen Inhaltes bis zum erreichbaren Maximum zusammengezogen, so kommt nun die Gestalt der Ventrikel der eines Kegels nahe. Von den drei vorhin erwähnten Abständen haben die beiden in der Ebene der Basis gezogenen eine bedeutende und zwar annähernd gleich grosse Verkürzung erfahren; die Länge der dritten aber, welche den Abstand der Spitze von der durch die venösen Mündungen gelegten Ebene misst, ist unverändert geblieben, so dass sie nun an Grösse die beiden durch die Basis gelegten Durchmesser beträchtlich übertrifft.

Die Hervorwölbung, welche dem Conus arteriosus über die Ebene der venösen Oeffnung zukam, ist beträchtlich vermindert und der Unterschied der Wölbung, welcher vorhin in der Richtung von der Basis zur Spitze hervortrat, ganz verschwunden. Die Rinne, welche die vordere Längsfurche am dilatirten Herzen bildete, ist jetzt in Folge der Abnahme der Wölbung des rechten Ventrikels ausgeglichen und ihr Verlauf ist nur noch durch die stark vorspringende Coronargefässe deutlich angezeigt. Sie ist dabei nicht nur steiler geworden, sondern es ist auch ihre spiralige Drehung noch mehr markirt.

Die Abbildungen auf Taf. XV und XVI sind bestimmt, die beschriebenen Zustände zu veranschaulichen. Die Figuren der ersteren Tafel geben die Ventrikelproportionen eines Herzens, das erst im dilatirten, dann im contrahirten Zustande abgegypst wurde. Beide Abgüsse wurden übereinstimmend zur Projectionsebene situirt und es kann höchstens die Art der Einfügung des kleinen Bildes in das grosse als willkührlich bezeichnet werden. An den Projectionen der Vorderfläche wurde ein Punkt * der Basis als unverrückt angenommen, während die Projectionen der Basen so ineinander gefügt wurden, dass ihre Mitten (entsprechend der Aortenöffnung) als nicht dislocirt gelten. Die gleichen Maasspunkte sind mit denselben Ziffern bezeichnet und zwar am dilatirten Herzen mit römischen, am contrahirten mit arabischen. Die Abbildungen auf Taf. XVI geben Durchschnitte durch den diastolischen und systolischen Ventrikel zweier möglichst gleichgrossen, in verschiedenen Zuständen fixirten Ventrikel. Die unter Fig. 4 mit den gleichen Zahlen 1 und 1′, 2 und 2′ u. s. w. bezeichneten Bilder entsprechen Querschnitten, die auf je annähernd gleichem Abstand von der Basis der beiden Ventrikel geführt wurden. Figg. 5 und 8 geben je einen Längenschnitt durch zwei gleichgrosse Herzen wieder.

Dass der wesentliche Vorgang der systolischen Verkleinerung des Herzens durch eine Verschmälerung seiner Querdurchmesser und ohne Verminderung seiner Länge erfolgt, wird hierdurch überzeugend nachgewiesen sein.

Es würde die Aufmerksamkeit des Lesers unnöthig in Anspruch nehmen, wenn wir ausführlicheren Bericht über die zahlreichen Messungen geben wollten, die wir zur Sicherung dieses Ergebnisses vorgenommen haben. Doch möchten wir nicht versäumen, über bestimmte Abschnitte der Herzoberfläche einige genauere Angaben hinzuzufügen.

Wegen der Beziehungen der Ventrikelbasis zu den grossen Oeffnungen musste es von Interesse sein, eine genauere Kenntniss über das Maass der systolischen Verkleinerung der Basis zu erlangen. Planimetrische Messungen, welche zu diesem Zwecke an den Verticalprojectionen der Basen von drei verschiedenen Herzen vorgenommen wurden, zeigen, dass die systolische Basis nur wenig mehr als den halben Flächeninhalt der diastolischen besitzt.

Der Flächeninhalt der Basis betrug:

am ersten Herzen	dilatirt:	77 $\square^{cm}$,	contrahirt: 41 $\square^{cm}$
„ zweiten „	„	67 „	„ 36 „
„ dritten „	„	52 „	„ 32 „

Es hatte also — die dilatirte Basis zu 100 Flächeneinheiten gerechnet, — die contrahirten bei 1) 53, bei 2) 54, bei 3) 63 solcher Einheiten. Die Kleinheit des Unterschiedes bei 3) hatte ihre Ursache darin, dass zur Zeit, als das diastolische Herz abgegypst wurde, bereits die Todenstarre begonnen hatte.

Von der hieraus hervorgehenden Verminderung der basalen Fläche werden in geringerem Maasse die arteriellen, in weit grösserem die Atrioventricular-Oeffnungen betroffen. Wie wichtig gerade dieses für die vom contrahirten Ventrikel einzuleitende Strömung des Blutes ist, leuchtet ein. Auf die Ursache dieses Verhaltens werden wir noch einmal zurückkommen.

Ferner bedürfen die Angaben über Veränderlichkeit der Länge des Herzens einer Vervollständigung. Sie sind streng nur auf den linken Ventrikel zu beziehen, der allerdings für die Form des Herzens vorzugsweise maassgebend ist. Auf der Aussenfläche der linken Kammer bleiben die reinen Längenmaasse von der Ringfurche bis etwa zum unteren Drittel hinab ganz unverändert. Die Spitze und die vordere Längsfurche dagegen zeigen geringe Abnahmen ihrer Nadelabstände. Die Spitze in Folge einer Axendrehung, die alsbald besprochen werden soll, die Längsfurche in Folge ihres schrägen Verlaufes, welcher bedingt, dass hier die Nadelstände keine reinen Längenmaasse, sondern gleichzeitig Quermaasse angeben. Wenn sich in Versuchen, wo wir aus bestimmten Gründen das diastolische Herz eine andere als die als typische bezeichnete Gestalt annehmen liessen, auch eine Verkürzung des linken Ventrikels in der Systole beobachten liess, so bedarf es nach dem Gesagten kaum des Zusatzes, dass in solchen Fällen die Abweichung dieser dilatirten Herzen von dem typischen, in einer Zunahme ihrer Länge auf Kosten ihrer Querdurchmesser bestanden hatte.

Ueber die Scheidewand lässt sich, obgleich sie sich der directen Beobachtung entzieht, durch die Messungen der Herzoberfläche in den beiden Längsfurchen, der sichere Aufschluss gewinnen, dass sie in der Systole ihre Länge nicht vermindert, abgesehen davon, dass auf ein solches Verhalten schon aus der Unveränderlichkeit der Länge des linken Ventrikels zu schliessen ist.

Da sich aber die Musculatur des Septums in der Systole mit contrahirt, so wird eine Abnahme seiner Länge nur dadurch unterbleiben können, dass durch die Verkürzung von hinten nach vorn diejenige von oben nach unten aufgehoben wird, wobei eine Zunahme seines Querdurchmessers, welche die beabsichtigte Verkleinerung der Ventrikelhöhlen unterstützen würde, nicht ausgeschlossen ist.

Wesentlich anders verhält sich die Aussenwand des rechten Ventrikels. Es ist schon erwähnt worden, wie sich der Conus arteriosus in der Diastole über das Niveau der Basis nach aufwärts erhebt um sich bei der Systole herabzusenken. Hierdurch wird, wie es auch die Projectionen der Vorderfläche (Taf. XV Fig. 3*c* und Taf. XVI Fig. 5 und 6) erkennen lassen, der systolische Längsabstand von der Herzspitze bis zum oberen Rande des Conus geringer als der diastolische.

Wenn man am rechten Ventrikel Marken in der Art angebracht hat, dass die einen an seinem oberen Rande (rechte Atrioventriculargrenze), die anderen an seinem unteren Rande (vordere Längsfurche) und die dritten zwischen diesen beiden, längs der Höhe seiner Wölbung sitzen, so lässt sich aus der Veränderung der Lage dieser Punkte der Vorgang bei der Contraction des rechten Ventrikels klar erkennen:

Es sind nämlich an dem contrahirten Herzen die Marken in der Längsrichtung des rechten Ventrikels (von der hinteren Längsfurche zur Pulmonalarterie hin) einander näher gerückt; es sind ferner die Bogenlinien, welche quer über das rechte Herz gehen (von Punkten der Ringfurche zu solchen der vorderen Längsfurche) und endlich die directen Abstände dieser Punkte kürzer geworden. Das heisst, die Raumverminderung des rechten Ventrikels setzt sich aus drei Momenten zusammen: 1) Verkürzung der Länge, 2) Abflachung der gewölbten Aussenwand und 3) Verschmälerung (Annäherung des oberen Randes an den unteren). Die Abweichung, die der erste dieser drei Momente in dem Verhalten des rechten und linken Ventrikels erkennen lässt, erklärt sich daraus, dass der rechte Ventrikel an den linken so angefügt ist, dass seine Längsaxe sich einem Querdurchmesser des linken Herzens schon sehr beträchtlich nähert, also einer Linie, die auch dort die stärkste systolische Abnahme erfährt.

Die bisher geschilderten Vorgänge bei der Contraction des Herzens würden sich im Groben dadurch nachahmen lassen, dass man beide Hände

um das gefüllte Herz legt und durch Gegeneinanderdrücken der Hohlhandflächen den Inhalt aus dem Herzen treibt. Eine weitere Prüfung lässt erkennen, dass in Wirklichkeit noch eine andere Art von Bewegung stattfindet. Wenn man die Basis desselben diastolischen und systolischen Herzens parallel zu einer unterliegenden Horizontalebene stellt, und von den gleichen Marken der Basis aus die Lothe auf die Herzoberfläche zeichnet, so stellt sich heraus, dass im contrahirten Herzen andere Punkte auf diese Lothe fallen, als am dilatirten. Es hat sich nämlich bei jenen die Aussenfläche des linken Ventrikels in der Richtung nach der vorderen Längsfurche hin verschoben, d. h. der Ventrikel hat eine Drehung nach rechts um seine Längsaxe erfahren; von der ruhig bleibenden Basis nimmt diese Drehung gegen die Spitze allmählich zu und lässt sich am leichtesten dadurch erkennen, dass die hintere Längsfurche am systolischen Herzen nicht mehr senkrecht verläuft, sondern von der Basis gegen die Spitze hin etwas nach links hin abweicht.

Ein Blick auf die Anordnung der Muskelfasern des Herzens wird genügen, die Ursache dieser Erscheinung zu erkennen. Wenn die Herzmusculatur die Kammern in lauter Zügen umkreiste, die parallel zur Basis verliefen, so würde eine Axendrehung nicht eintreten. So umkreisen aber die Faserzüge das Herz in der Richtung nach abwärts und links. Da nun die Länge des Herzens nicht abnimmt, so bleibt von den Componenten des Zuges jeder Herzfaser die horizontale, in der Richtung der Basis übrig, und diese dreht das Herz nach rechts um die nicht rotirte Basis.

Die Höhlen des Herzens.

Der linke Ventrikel.

Wir gehen, um die Raumveränderungen im Innern des Herzens darzustellen, wieder von der Gestalt der dilatirten Höhle aus, und lassen die Schilderung von der des contrahirten Herzens folgen. Um die mechanischen Einrichtungen zu verstehen, durch welche die eine Form aus der anderen hergestellt wird, werden wir von selbst auf eine Betrachtung der musculösen Wände geführt werden und an die Schilderung des systolischen und diastolischen Actes wird sich naturgemäss die des Spieles der Atrioventricularsegel anschliessen.

Die Höhle des dilatirten linken Ventrikels erscheint an Ausgüssen wie ein kurzer und weiter Schlauch, in den oben ein nur wenig engerer, kurzer Hals führt, und der unten abgerundet endigt. Der obere Abschnitt der Höhle setzt sich in die beiden grossen Oeffnungen fort, von

denen die hintere, das Ostium atrioventriculare in der Verlängerung der Ventrikelaxe liegt, während die vordere in den Aortenanfang übergeht, dessen Axe gegen die des Ventrikels eine nicht unbeträchtliche Neigung besitzt. Beide Oeffnungen sind nur durch das vordere Segel der Mitralis von einander geschieden.

Die Innenwand der Höhle ist mit Kämmen oder Leisten besetzt. Dieselben sind durch schmale Rinnen von einander getrennt und sind sämmtlich parallel zur Längsaxe des Ventrikels gestellt, sodass die Furchen und Rinnen alle gegen die Oeffnungen der Basis hinführen. Nur ein Bezirk der Innenwand bleibt frei von solchen Kämmen und ist völlig glatt, das ist der in den Aortenanfang führende obere Theil der Scheidewand. Unter den Längsleisten fallen drei durch ihre Mächtigkeit als besondere Wülste in die Augen: die beiden in die Aussenwand gefügten Papillarmuskeln und ein dritter Wulst, welcher sich zwischen Septum und vorderem Papillarmuskel in die Höhe zieht. Wir werden ihm den Namen „vorderer Längswulst" geben. Er ist gewöhnlich, wie es ja oft auch bei den Papillarmuskeln der Fall ist, durch ein oder zwei Furchen in seiner ganzen Länge oder nur theilweise in zwei oder drei secundäre Wülste gespalten. Alle diese Vorsprünge beginnen als niedrige Erhebungen wenig über dem Boden der Höhle. Sie nehmen dann schnell an Umfang zu und endigen an der Grenze des ersten und zweiten Drittels der Totalhöhe des linken Ventrikels in ganz gesetzmässiger Reihenfolge so, das zuerst der hintere Papillarmuskel aufhört; ihn überragt der vordere um einige Millimeter und über dessen Spitze schiebt sich in schräger Richtung das obere, sanft abnehmende Ende des vorderen Längswulstes. Der oberste Theil der Kammerhöhle bleibt also ebenfalls frei von grösseren Vorsprüngen, obschon er nicht die Glätte des Septums erhält. Entsprechend der Weite der Ventrikelhöhle sind diese Wülste durch breite Wandstücke von einander getrennt. Von ihren Seitenflächen treten zahlreiche kurze Fäden an die Nachbarleisten und in gleicher Weise sind diese selbst unter einander verbunden. Die Fäden verlaufen in der Querrichtung des Herzens und ihre Zahl ist so gross, dass man ihrer leicht 70 und mehr in der linken Kammer zählen kann.

Ausführlicher hat zuletzt Paladino[1] über dieselben berichtet. Die Abbildungen der Querschnitte des dilatirten Herzens werden die beschriebenen Verhältnisse genügend veranschaulichen (Tafel XVI Fig. 4).

Um sich die Beziehungen zwischen Ventrikelhöhle und Aortenanfang zu vergegenwärtigen, möge man sich daran erinnern, dass im oberen Abschnitt der Kammer sich das vordere Segel der Mitralis quer von der Aussen-

[1] G. Paladino. Contribuzione all' anatomia, istologia e fisiologia del cuore. *Movimento med. chirurg.* Napoli, 1876.



wand zum Septum spannt. (Vgl. Fig. 4 Nr. 13 Taf. XVI.) So wird die Höhle in zwei Röhrenstücke getheilt, von denen sich das kleinere vordere in den Aortenanfang fortsetzt. Dieser ist also an seinem vorderen Umfange noch eine ganze Strecke musculös, während seine hintere Wand, die Fortsetzung des Mitralsegels, von Anfang an membranös ist. Um sich mit dem vorderen Abschnitte zu vereinigen erhält dieser hintere eine sehr starke Neigung nach vor- und aufwärts. An seine Innenfläche sind die hinteren Abschnitte der beiden hinteren Semilunartaschen befestigt, von denen die rechte die Mündung der gleichen Coronararterie aufnimmt. Die vorderen Abschnitte dieser Klappen finden ihre Befestigung, wie die ganze vordere Klappe auf dem musculösen Rande der Ventrikelbasis. Die Ursprungsstellen der Aortenwurzel von der Basis des Ventrikels, und die Linien, in denen sich die Semilunarklappen als freie Membranen erheben, sind also nicht dieselben, sondern beide bleiben durch einen ansehnlichen Streifen des musculösen Ventrikelrandes getrennt. Hierdurch wird ein erheblicher Antheil von dem Gewicht der Blutsäule in der Aorta den Semilunarklappen abgenommen und auf die Ventrikelbasis übertragen. Und zwar wird die Belastung der Semilunarklappen um so geringer, da der vom Ventrikelrande gebildete Theil des Taschenbodens in der Querebene liegt, die man sich durch den Aorteneingang gelegt denken kann, während die Semilunarklappen fast senkrecht gegen diese Ebene empor steigen. (Fig. 5.) Den Semilunarklappen der Pulmonalarterie dagegen, welche im Vergleich zur Aorta nur eine niedrige Blutsäule zu tragen haben, ist die Unterstützung derselben allein übertragen.

Die Axen der beiden grossen Arterienwurzeln kreuzen sich unter rechtem Winkel, indem die Aorta sich von ihrem Ventrikel aus in der Richtung nach vor- und aufwärts begiebt, während die Pulmonalarterie nach auf- und rückwärts steigt. Die Ebenen, welche man sich jederseits durch die tiefsten Punkte der befestigten Ränder der Klappentaschen gelegt deuten kann, würden senkrecht zur Axe des Gefässes stehen.

Die Höhle des contrahirten Ventrikels erscheint auf Querschnitten in dem ganzen Abschnitt, welcher die Papillarmuskeln enthält, als eine enge, sternförmige Spalte. Ueber den Spitzen der Papillarmuskeln bleibt auch im contrahirten Ventrikel ein merklicher Hohlraum zurück.

Die Figuren 1 bis 10 der Tafel zeigen, dass die Sternfigur der contrahirten Höhle 4 Strahlen bildet, durch welche ebensoviele starke Wülste von einander getrennt werden, welche die Ventrikelwand nach innen hervortreibt. Wir erkennen drei dieser Wülste als dieselben wieder, welche wir schon im dilatirten Herzen kennen gelernt haben, während der vierte dem Septum angehört. Aber welche Umwandlungen sind mit ihnen vorgegangen! Die Entfernung, die sie früher von einander trennte, ist fast bis zu ihrer gegen-

seitigen Berührung geschwunden. Statt der trennenden flachen Wandstücke sehen wir im Grunde schmaler und tiefer Spalten neue kleine Wülste entstanden, und aus den mittelgrossen Erhebungen, welche die Papillarmuskeln und der vordere Längswulst vorher bildeten, sind sie jetzt zu mächtigen Vorsprüngen geworden. — Das Septum hat sich in der Richtung von vorn nach hinten verkürzt; seine auf einen kleineren Raum zusammengeschobene Innenwand hat sich in kleine Längsfalten gelegt, die nur im alleroberstenAbschnitte, am Eingang in die Aorta fehlen.

Ueber den Spitzen der Papillarmuskeln erweitert sich die Spalte zu einem Hohlraum (Supra-Papillarraum), der aber an Ausdehnung beträchtlich hinter dem des dilatirten Herzens zurücksteht. Der Uebergang der Spalte in diesen Raum ist ein ganz allmählicher, da sich erst die Spitze des vorderen Papillarmuskels über die des hinteren, dann das obere Ende des vorderen Längswulstes über die Spitze des vorderen Papillarmuskels hinwegschiebt. Die Querfäden sind, wenn auch mühsamer, in den engen Spalten zwischen den Wülsten zu finden und sind erschlafft.

Ausgüsse der systolischen Höhle zeigen den suprapapillären Raum als einen massiven Kern; nach abwärts setzt sich derselbe in vier, an eine gemeinsame Axe befestigte Blätter oder Flügel fort, entsprechend den vier Spalten. Die Vertiefungen zwischen den Flügeln entsprechen den grossen Wülsten, und wo diese längsgespalten waren, zeigt der Abguss eine kleine Längsleiste. Was aber am meisten auffällt ist eine äusserst klar ausgesprochene spiralige Drehung der Blätter. Dieselben laufen von der Basis zur Spitze rechts um, also umgekehrt wie die Muskelzüge an der äussern Herzfläche. Am erweiterten Herzen ist von einem solchen spiraligen Verlauf der Vorsprünge an der Innenwand kaum eine schwache Andeutung zu sehen.

Die Ventrikelwand.

Das Volum des Muskels bleibt bei der Contraction unverändert, sodass er in einer Richtung gewinnt, was er in der entgegengesetzten verliert. Diesem Gesetze ist natürlich auch das Herzfleisch unterworfen, obschon es auf den ersten Blick nicht so zu sein scheint, da wir das systolische Herz verschmälert finden, ohne dass seine Länge zugenommen hätte. Indess die Zunahme tritt hier an der Oberfläche ein, welche sich der äusseren Betrachtung entzieht, d. i. an der Innenfläche der Herzhöhle.

Man betrachte die Figur 4, wo die Querschnitte zweier gleichgrosser Herzen, eines im dilatirten, das andere im contrahirten Zustande neben einander gestellt sind, um sich zu überzeugen, wie sich die Ventrikelwand überall auf Kosten der Höhle verdickt hat.

Da die Länge des Ventrikels sich nicht ändert, und die Contraction ohne auffällige Ungleichmässigkeiten erfolgt, so lässt sich das Verhalten der Herzmusculatur beim Uebergang aus dem diastolischen in den systolischen Zustand schematisch durch die Aufgabe ausdrücken: Ein Bandring soll, ohne dass sich sein Flächeninhalt ändert, zuerst einen Kreis von grösserem und dann einen solchen von kleinerem Durchmesser umschliessen. Die Abnahme der Peripherie des Ringes wird um so bedeutender sein, je grösser sein Radius und je geringer seine Dicke ist. Daher die ausserordentliche Abnahme, welche die Peripherie des Herzens durch die Contraction des rechten Ventrikels erfährt. (Vergl. Fig. 4.)

Planimetrische Messungen der in Fig. 4 abgebildeten Querschnitte zeigen in der That, dass der Flächeninhalt der Muskelwand in gleichen Höhen am systolischen und diastolischen Herzen derselbe ist; wenigstens sind die Differenzen nicht grösser, als man sie mehr den Fehlern zuschreiben dürfte, welche der ganzen Methode anhaften müssen.


Fig. 8.

Die Aenderungen, welche die einzelnen Stücke des Ventrikel-Querschnittes erfahren, sind aus den Figuren leicht ersichtlich; es ist aber noch ein Blick auf die Richtung der Muskelfasern zu werfen, welche den Querschnitt zusammensetzen. Dieselben sind dreierlei Art. Der Lichtung zunächst liegt eine Zone längsgestellter Fasern, welcher vorzugsweise die Papillarmuskeln und der vordere Längswulst angehören. Die Aussenfläche der Ventrikelwand bilden Züge, welche schräg nach abwärts und links ziehen. Die grösste mittlere Masse aber besteht aus Faserzügen, bei denen die Querrichtung beträchtlich überwiegt, sodass sie im Querschnitt fast wie reine Ringfasern erscheinen. Demselben Grundplane folgt die Anordnung der Muskelzüge in der Scheidewand.

Die Mechanik der Verengerung und Erweiterung des Herzens.

Versuchen wir es jetzt die bisher gewonnenen Erfahrungen zur Erklärung des systolischen Vorganges und der Erscheinungen zu verwenden, welche den Uebergang des contrahirten in den dilatirten Ventrikel kennzeichnen.

Wir können uns den Querschnitt des linken Ventrikels als aus zwei concentrischen musculösen Ringen zusammengesetzt denken. Der äussere besteht vorzugsweise aus Ring- der innere aus Längsfasern und beide sind am Ende der Diastole schmal und gedehnt. Der äussere zieht sich bei der Contraction zu einem Ringe von kleinerem Umfange und grösserer Breite zusammen, ohne seinen Flächeninhalt zu ändern, sodass eine Flächendifferenz zwischen der Peripherie des dilatirten und der des contrahirten Querschnittes auf Kosten des Lumens entsteht, welches der dilatirte Ring einschloss. Bei diesem Vorgange wird der innere, longitudinalfasrige Ring in das Lumen der Höhle hineingetrieben und da er für die ihm jetzt gebotene Fläche zu gross ist, legt er sich in Längsfalten, ganz wie es mit der Innenhaut des contrahirten Herzens geschieht. Dieser Faltung ist dadurch eine ganz bestimmte Regelmässigkeit vorgeschrieben, dass schon im diastolischen Herzen die innere Längsmusculatur drei besonders starke Wülste bildet, die beiden Papillarmuskeln und den vorderen Längswulst; diese bilden auch bei der Contraction die Hauptvorsprünge, während sich die zwischen ihnen befindlichen glatten Wandstücke in Form von kleineren Längswülsten in die Spalten hineindrängen, welche zwischen jenen übrig bleiben.

Es erscheint also die Ringsmusculatur des Ventrikels als diejenige, welche recht eigentlich die Verengerung der Höhle hervorbringt, während die longitudinalen Fasern dazu nur wie ein Füllmaterial benutzt werden.

Indessen ist die Rolle, welche die Längsmuskeln bei dem Vorgange spielen, keineswegs eine ausschliesslich passive. Beim Uebergang der Ventrikelform aus der halbkugligen in eine kegelartige wandeln sich die Längsfasern aus den Bogen in die ihnen entsprechenden Sehnen um, wobei sie eine nicht unbeträchtliche Aenderung ihrer Länge erfahren können. Ausserdem aber liegt in der Combination der nach' beiden Richtungen hin wirkenden Fasern das Geheimniss, wesshalb die ganze Dickenzunahme, welche die Herzfasern bei ihrer Verkürzung erfahren müssen, der Verkleinerung der Ventrikelhöhlen zu Gute kommt. Eine Ringfaserschicht allein würde bei der Systole eine Verlängerung des Herzens zur Folge haben, eine reine Längsfaserschicht eine Verbreiterung. Da sich aber jetzt der letzteren die Ringfaserschicht widersetzt und da die Verlängerung, welche durch die Contraction der Ringfasern erzeugt werden müsste, ihren Widerstand in dem Zuge der Längsfasern findet, so bleibt für beide Faserarten nur ein Ausweichen in die Ventrikelhöhlung möglich.

Die Papillarmuskeln können zur Raumverminderung der ganzen Höhle gar nichts beitragen, denn wenn sie sich auch verdicken, so verkürzen sie sich in demselben Maasse, und schaffen dabei über ihren Spitzen so viel neuen Raum, als sie unten verdrängen. Dass sie im contrahirten Herzen, wie es von verschiedenen Seiten angegeben worden ist, weniger über das Niveau der Innenwand hervorragen sollen, ist nach alledem nicht zuzugeben, und widerlegt sich durch die Betrachtung der Querschnittsbilder ohne Weiteres. Uebrigens ist durch Zufühlen mit dem Finger während der Pulsation des Herzens, eine Entscheidung hierüber nicht zu erwarten; denn der Finger wird allseitig umschnürt, und verliert dadurch die Möglichkeit abtastende Bewegungen zu machen; andererseits sind die Spalten zwischen den Wülsten der Innenwand in der Systole viel zu eng, um dem Finger die Möglichkeit zu geben, die ganze Oberfläche derselben abzufühlen. Endlich ist aber gar nicht ersichtlich, wohin sich dann die Papillarmuskeln in der Systole verkriechen sollten, da sie von der Ringfaserschicht, die sich gleichzeitig mit ihr erhärtet, wie von einem geschlossenen Panzer umhüllt werden.

Der wesentlichen Forderung, dass die Gestalt, welche die Innenfläche der Höhle in der Systole annimmt, dem ausströmenden Blute so wenig Hindernisse entgegenstellt als möglich, ist in ausgezeichneter Weise Rechnung getragen. Die Wülste und Rinnen sind alle in der Richtung des Blutstroms angebracht und führen gegen die Ausflussöffnung hin, ohne dass Quervorsprünge entstünden oder plötzliche Aenderungen im Lumen erfolgten. Der obere Theil der Höhle aber, an welchem die gesammte Blutmenge, die der Ventrikel aufgenommen hat, vorübergleiten muss, ist aus Flächen von ganz besonderer Glätte und Gleichmässigkeit gebildet, nämlich dem Septum und der Ventrikelfläche des vorderen Mitralsegels.

Dass der Blutstrom nicht einfach nach oben steigt, sondern in Folge der spiraligen Anordnung der Wülste und Furchen an der Innenwand der Höhle eine Rotation erhält, ähnlich wie das Projectil eines gezogenen Geschützes, ist nicht durch directe Beobachtungen ermittelt worden, ist aber nach dem Bau der Innenwand wohl kaum zu bezweifeln.

Die Erweiterung des Ventrikels nach der Contraction erfolgt für die innere Längsmusculatur wie die Entfaltung eines Faltenfilters durch die aufgegossene Flüssigkeit. Unter dem Drucke des einströmenden Blutes rücken die grossen Wülste auseinander und die kleinen Zwischenwülste breiten sich zu glatten Wandstücken aus, wobei die erschlaffte Ringmusculatur auf grössere Kreise hinausgeschoben wird.

Für die Annahme, dass ausser dem Zug der Lunge und dem in die Herzhöhle und die Gefässe der Wand eindringenden Blute noch eine andere Ursache für die Erweiterung des Herzens am Ende der Systole vorhanden

sei, sprechen bekanntlich die Versuche von Goltz und Gaule.[1] Eine active Unterstützung würde namentlich für die Erweiterung der Ostia venosa sehr erwünscht sein, um sie plötzlich aus der stark verengten in eine weiter geöffnete Spalte überzuführen, durch welche das Blut aus den Vorhöfen rasch seinen Weg in die Ventrikelhöhlen finden könnte. Eine Hülfe hierzu könnte auf mehrfache Weise geboten werden, so z. B. durch die zwischen die Muskelränder eingeklemmten sehnigen Massen der Klappen, bez. deren Ansätze an die Umgebung der venösen Mündungen, eine Wirkung, die in dem ausgedehnten Zustande der Vorhöfe eine Unterstützung finden könnte. Möglicher Weise aber kommen ausser diesen, nur auf die Mündung wirkenden Kräften noch andere, weiter verbreitete in Betracht, welche auf die gesammte Wand des Ventrikels wirken. Da die weiche Beschaffenheit der erschlafften Wand des lebendigen Ventrikels die Annahme ausschliesst, dass sie nach Beendigung der Systole vermöge ihrer Elasticität in eine von diesen letzteren bedingte Gleichgewichtslage zurückspringe, so könnte man für die active Ausdehnung der Höhlen die Spannung der Muskeln verantwortlich machen, welche während der Systole dadurch erzeugt ward, dass die gleichzeitig nach verschiedenen Richtungen hin sich zusammenziehenden Muskeln jeden einzelnen derselben an dem Uebergang in die Lage verhindern (oder in eine andere Lage drängen als die), welche er bei seiner alleinigen Anwesenheit einnehmen würde. Würden z. B. die Längsmuskeln durch die sie umgreifenden circulären nach innen zu ausgebogen, sodass sie den in ihnen wirksamen Kräften entgegen, sich nicht mehr in gerader Linie zwischen ihren Ansatzpunkten erstrecken könnten, und liesse auch nur um einen Moment die Contraction in den circulären Fasern früher nach als in den längsverlaufenden, so müssten jetzt die ersteren einen Anstoss empfangen, vermöge dessen sie sich zu einer Bewegung anschickten, die der Eröffnung der ventriculären Höhle zu gute käme. — Einmal eingeleitet könnte nun die Erweiterung durch das Eingreifen der anderen Kräfte zu Ende geführt werden.

Diese Federwirkung wird um so energischer ausfallen, je weniger die einzelnen Muskelstücke zusammenhängen, da sie sich sonst darin aufhalten und hemmen. Vielleicht darf man diesen Sinn dem trabeculären Baue des Froschventrikels zuschreiben, für welchen eine Unterstützung der die Ventrikelausdehnung hervorbringenden Kräfte desshalb vorzugsweise erforderlich ist, weil das Froschherz der erweiternden Wirkung des Coronarblutes und der Respirationsorgane entbehrt.

Das System der Querfäden, die sich an der Innenfläche des linken Ventrikels finden, scheint die regelmässige Art der Entfaltung zu sichern,

---

[1] Pflüger's *Archiv der ges. Physiologie.* Bd. XVIII. S. 100.



wie sie im Interesse der schnell erfolgenden systolischen Faltung gefordert wird. Dass sie einer übermässigen Erweiterung des linken Ventrikels vorbeugen sollten, ist desshalb nicht wahrscheinlich, weil der rechte Ventrikel, der wegen seiner Dünnwandigkeit einer solchen Einrichtung viel mehr bedürftig erscheint, ihrer entbehrt und weil durch andere Mittel diese Aufgabe, wie wir noch zeigen werden, viel wirksamer erfüllt wird.

Im oberen Drittel des linken Ventrikels blieb, wie wir sahen, ein Raum, den auch die stärkste Contraction nicht zum verschwinden bringt. Er bleibt bestehen, weil die Papillarmuskeln, ein wesentlicher Theil der Ausfüllungsmasse des Herzlumens, nicht in den obersten Abschnitt der Kammerhöhle hinaufreichen.

Die Frage nach der Bedeutung dieses Raumes steht im engsten Zusammenhange mit der über

die Mechanik der Mitralklappe.

In den Betrachtungen über den Schluss der Atrioventricularklappen ist bisher das Hauptgewicht auf die Frage gelegt worden: auf welche Weise schliessen die Klappensegel die Vorhofs-Kammeröffnung ab, da die Circumferenz der letzteren selbst als ganz oder fast unveränderlich angenommen wurde. Nachdem unsere Untersuchungen gezeigt haben, dass die Basis des systolischen Herzens in hohem Maasse schmäler ist als die des diastolischen, müssen wir den die Atrioventricularöffnungen umschliessenden Muskeln einen eigenen, wesentlichen Antheil am Schliessungs-Mechanismus der venösen Oeffnungen zuerkennen.

Ein Versuch, der oft angestellt und ebenso oft ungenügend gedeutet worden ist, wird dies bestätigen. Füllt man den schwachen Ventrikel von der Aorta her, so lässt die Mitralis die Flüssigkeit ausfliessen; man mache denselben Versuch an einem Herzen in künstlicher oder Todenstarre so schliesst die Mitralis. Man schrieb dieses Verhalten der Wirkung der Papillarmuskeln zu. Indess da man durch künstliche Verkleinerung der Basis (durch Umlegen von Fäden oder Eingypsen) auch am erschlafften Herzen die Vorhofsklappen zum Schluss bringt, so wird man auch der Verengerung der Vorhofsöffnung eine wesentliche Betheiligung an dem Vorgange zuerkennen müssen.

Und ist es denn in der That nicht einleuchtend, dass sich mit einem cylindrischen Segel, wie es die Vorhofsklappe darstellt, eine kleine Oeffnung sicherer verschliessen lässt als eine grosse?

Indess, wie kommt es nun, dass bei der systolischen Verschmälerung der Basis die Zuflussöffnungen des Ventrikels verengt werden, die arteriellen Ausflussöffnungen aber nicht? Denn es leuchtet ein, dass ohne diese Vor-

sicht die Verschmälerung der Basis ein Hinderniss für die Entleerung des Ventrikels sein würde.

Die Anordnung der Ventrikelmusculatur lässt, wie wir gesehen haben, nicht zu, dass sich im oberen Abschnitt des Herzens die Ventrikelwandungen bis zum völligen Verschwinden der Höhle nähern, sondern es bleibt immer ein Raum über den Papillarmuskeln, der in die grossen Oeffnungen der Basis übergeht. Es handelt sich nur darum, dass dieser Raum nach dem Aorteneingang eröffnet, nach der Atrioventricularöffnung aber geschlossen werde und diese Aufgaben erfüllt das vordere Mitralsegel. Dasselbe wird vom aufsteigenden Blutstrom sogleich von dem Aorteneingange hinweg und in die Atrioventricularöffnung hineingetrieben, sodass es mit ein und derselben Bewegung die Erweiterung der einen und den Verschluss der anderen Oeffnung herbeiführt. Die Erweiterung des Aorteneinganges wird dann vervollständigt dadurch, dass der Blutstrom auch den ganzen Theil der Aortenwurzel, der sich unmittelbar in das Mitralsegel fortsetzt, in derselben Richtung ausbuchtet. Weshalb aber das Klappensegel vom Blutstrom immer nach dieser Richtung gedrängt wird, und nicht nach der entgegengesetzten, ist aus der Stellung verständlich, die das Segel einnimmt. Die beiden Papillarmuskeln entspringen von der Aussenwand der linken Kammer. Je mehr sich die Höhle erweitert, um so mehr entfernen sie sich deshalb von der Scheidewand. Dadurch, dass sie den unteren Rand des Klappensegels mit sich nehmen, während der obere seine Entfernung vom Septum nicht ändern kann, ertheilen sie dem Segel eine solche Neigung gegen die Axe des Ventrikels dass der systolische Blutstrom sogleich auf die Fläche trifft, welche das Segel der Ventrikelhöhle zuwendet und dasselbe wird hierdurch um so sicherer nach den Vorhofsmündungen hingeführt, weil ihnen von dort aus kein Druck entgegentritt.

Dass der Hauptantheil an dem Verschluss der Vorhofsöffnung dem vorderen Segel der Mitralis zukommt, ist aus diesen Betrachtungen ersichtich und ist aus der Grösse dieses Segels im Vergleich zum hinteren a priori zu erwarten. Auch für das letztere ist der Gefahr vorzubeugen, durch das in der Diastole einströmende Blut so an die Wand gedrückt zu werden, dass der systolische Blutstrom nicht seine Ventrikel- sondern seine Vorhofsfläche treffe. Es sind hier wiederum die Papillarmuskeln, welche dem Segel eine solche Neigung geben, wie sie der Verschluss der Oeffnung erfordert. Denn da die Spitzen der Papillarmuskeln der Axe des Ventrikels näher stehen, als der befestigte Rand der hinteren Klappe, so kann auch der freie Klappenrand, der dem Zuge der Chordae folgt, beim Beginn der Contraction nicht der Wand anliegen. Ausserdem würden die Furchen, welche durch die Faltung der Ventrikelwand unterhalb des Klappenansatzes

entstehen, eine Leitungsbahn abgeben, wodurch das Blut in der Systole gegen die untere Fläche des Segels geführt wird.

Die Klappensegel bilden mit den Zwischenzipfeln einen geschlossenen Ring um die Vorhofsöffnung. Durch die Aufblähung in der Systole erfahren sie eine solche Wölbung, dass der Theil welcher dem befestigten Rande zunächst liegt, horizontal gestellt wird, während der an den freien Rand angrenzende Abschnitt mehr senkrecht steht. Je mehr die Vorhofsöffnung sich verkleinert um so mehr legen sich die Segel in radiäre Falten, sodass endlich die ganze Klappe nicht aus 2 sondern aus 4 oder 5 Stücken zusammengefaltet erscheint. In Fig. 7 sieht man an einer in der Systole gestellten (menschlichen) Mitralis die Furchen, welche durch diese Faltung hervorgebracht sind, als dunkle Linien, während die helleren Streifen, welche sich noch auf den Klappensegeln befinden, schmalen Einsenkungen entsprechen, die durch den Ansatz des Chordae an der entgegengesetzten Klappenfläche hervorgebracht werden.

Für den Verschluss des Spaltraumes zwischen beiden Segeln wird von Anfang an dadurch gesorgt, dass jeder Papillarmuskel an jedes Segel Chordae schickt. Hierdurch werden sofort mit Beginn der Systole die freien Ränder einander genähert und der Blutstrom, der beide Segel an ihrer unteren Stelle trifft, vervollständigt und sichert ihren Schluss.

Die geringe Blutmenge, welche in dem systolischen Herzen zurückbleibt, bringt vermöge der ihr angewiesenen Lage den Vortheil mit sich, die Flächen der gegen einandergepressten Zipfelklappen vor einer allzu innigen Berührung zu schützen und damit eine Adhäsion zu verhüten, welche der raschen Entfaltung ein Hinderniss sein würde. Von einer vielleicht noch grösseren Bedeutung ist der Theil des mit Blut erfüllten Raumes, welcher unterhalb der Semilunarklappen bleibt; fehlte derselbe, so dürfte es den freien Abschnitten der Aortenklappen wegen mangelnden Spielraumes unmöglich sein, sich unter dem Drucke des Aortenblutes der Art zu entfalten, wie es der Abschluss der Aorten- und Ventrikelrichtung verlangt.

An jedem Herzen, das in der dilatirten Form erhärtet ist, kann man sich überzeugen, dass das vordere Klappensegel mit seinen Chordae nicht schlaff herabhängt, sondern geradlinig zwischen seinen Befestigungspunkten ausgespannt ist. Wenn nun das Segel in der Systole eine Knickung erfährt, so müssen sich seine oberen und unteren Befestigungspunkte näher treten, da das Sehnengewebe der Klappe eine nennenswerthe Dehnung nicht zulässt. Der Papillarmuskel würde demnach in der Systole eine solche Dislocation zu erfahren haben, dass seine Spitze dem befestigten Rande des Klappensegels näher tritt.

Hiermit sind nicht nur die Angaben der meisten Autoren im Widerspruch,

sondern die Gleichzeitigkeit der Contraktion der Papillarmuskeln und der Ventrikelmusculatur erweckt von vornherein die entgegengesetzte Erwartung.

Wir mussten wiederum den Weg des Experimentes einschlagen, um den wirklichen Sachverhalt kennen zu lernen. In die Vorhofswand wurde nahe an der Ringfurche ein Messingring eingenäht, sodass sich der schlaffe Ventrikel im Zustande mässiger Dilatation befand. Nach Entfernung der Klappensegel und ihrer Chordae wurden in die Spitzen der Papillarmuskeln und in die Basis der Ventrikel Nadeln eingesetzt und die Abstände ihrer Kuppen in horizontaler und verticaler Richtung gemessen. Darauf wurde der Metallring entfernt, das Herz nach der früheren Art zur Contraction gebracht und die Messung wiederholt. Es zeigte sich ganz ausnahmslos, dass die Spitzen der Papillarmuskeln sich dem Aortenostium in horizontaler Richtung sehr bedeutend genähert hatten, während ihr senkrechter Abstand von der Ebene der Atrioventricularöffnung unverändert war, öfterer aber auch um einige Millimeter abgenommen hatte.

In der Annäherung der Papillarmuskeln an das Aortenostium ist also das Moment enthalten, durch welches das Klappensegel in den Stand gesetzt wird, seine systolische Form anzunehmen. Diese Annäherung ist aber offenbar so gross, dass die Klappensegel zu weit in den Vorhof hineingetrieben würden, wenn nicht die systolische Verkürzung der Papillarmuskeln den Fehler compensirte.

Der rechte Ventrikel.

Wenn ich dem rechten Ventrikel nicht die gleiche Ausführlichkeit widme wie dem linken, so ist die Ursache dafür nicht die, dass derselbe nicht ebenfalls eine Menge eigenthümlicher Verhältnisse darböte, welche der Erforschung werth wären. Da mich aber private Gründe daran hindern, mich dem Gegenstande jetzt weiter zu widmen, so füge ich hinzu, was ich aus den bisherigen Befunden in fragmentarischer Gestalt für mittheilenswerth halte, in der Hoffnung, dass es später möglich sein wird, die Lücken auszufüllen.

Der Ausguss der dilatirten Höhle zeigt an seiner Aussenfläche dieselbe doppelte Convexität wie die Oberfläche der Aussenwand. An der Innenfläche ist er, entsprechend der Krümmung des Septums in der einen Richtung ausgehöhlt, während er in der Längsrichtung des Herzens platt, im oberen Theile sogar leicht convex ist.

Die geöffnete Höhle lässt ein hinteres Einfluss- und ein vorderes Ausflussgebiet unterscheiden, deren Grenze durch den vorderen Rand der Atrioventricularöffnung gegeben ist. Ein Muskelbündel, das an dieser Stelle seinen Ursprung vom Septum nimmt, und über das Niveau der Innenfläche

vorspringend, in der Oben- und Aussenwand des Conus hinzieht, kennzeichnet die Grenze beider Gebiete noch deutlicher. Den linken umgreift der rechte Ventrikel, indem er in weitem Bogen von der hinteren Längsfurche aus gegen den Anfang der linken Coronarfurche hinzieht. Da das Einflussgebiet neben die rechte Seitenfläche, das Ausflussgebiet aber an die vordere Fläche der linken Kammer zu liegen kommt, so fügen sich diese beiden Abtheilungen des rechten Ventrikels unter einem Winkel aneinander, der nur wenig grösser ist als ein rechter.

An Trabeculae carneae und Kammmuskeln ist der rechte Ventrikel viel reicher als der linke. Namentlich sind die Verwachsungsstellen mit dem linken Ventrikel (beide Längsfurchen) ganz von Muskelbälkchen ausgefüllt. Nicht minder reich an vorspringenden Bälkchen ist der obere Winkel, den die Aussenwand mit dem Ostium atrioventriculare bildet. Als glatte Flächen finden wir auch hier die Abschnitte, an denen der gesammte Inhalt des Ventrikels in der Systole hinzugleiten hat, das Septum und den Theil der Aussenwand der den Conus arteriosus bildet. Die Richtung der Kämme und der von ihnen eingeschlossenen Furchen ist vorzugsweise schräg aufwärts, gegen die Atrioventricularklappen und die Wurzel der Pulmonalarterie zu, wie es die Richtung des systolischen Blutstroms erfordert.

Im contrahirten Zustande ist die Höhle in eine schmale Spalte verwandelt, deren Krümmung entsprechend der stärkeren systolischen Krümmung des Septums zugenommen, während ihre Länge durch die Verkürzung des Septums von vorn nach hinten abgenommen hat. Im unteren Theile der Höhle haben sich die beiden Wände ganz aufeinandergelegt, während sie im oberen Abschnitte unterhalb der Atrioventricularöffnung und namentlich im Gebiete des Conus noch durch einen nennenswerthen Abstand von einander getrennt sind (Tafel XVI). — Die Papillarmuskeln der rechten Kammer entspringen, umgekehrt wie die linken, vom Septum. Allerdings meist nicht unmittelbar, sondern von dem reichen Balkenwerke, das den Winkel zwischen Septum und Aussenwand erfüllt, dicht neben dem Septum. Von diesen Muskeln erhalten die beiden Segel der Aussenwand ihre Chordae, während das schmale dritte Segel, das am Septum befestigt ist, aus diesem seine Chordae, meist ohne Papillarmuskeln, bezieht. Eine starke Sehne befestigt mit der grössten Regelmässigkeit die vorderen Ecken des Septumsegels und des vorderen Aussenwandsegels an ein und denselben Punkt des Septums im Eingange des Conus arteriosus. Die Fortsetzung dieser Sehne ist ein schmaler Kammmuskel, der sich eine Strecke weit schräg aufwärts in den Conus hinzieht.

Auf Querschnitten bildet die Aussenwand des diastolischen Ventrikels, wie es die Abbildungen zeigen, weit gespannte Bögen. Im contrahirten

Herzen vermindern sie ihre Spannung durch Verkürzung und Annäherung an's Septum, wobei sie an Dicke entsprechend zunehmen.

Ueber die Vorgänge unter denen die Contraction des rechten Ventrikels erfolgt, konnten schon aus der Betrachtung der äusseren Fläche so bestimmte Schlüsse gezogen werden, dass den dort gegebenen Erörterungen nur wenig hinzuzufügen bleibt. Die Senkung des Conus arteriosus erklärt sich aus der Wölbung seiner Fasern, die um eine Axe gekrümmt sind, welche nahezu einen rechten Winkel mit der Längsaxe des linken Ventrikels bildet.

Die Contraction bewirkt eine Annäherung des freien an den befestigten Rand und es zeigt so die Vorderfläche des rechten Herzens in der That eine systolische Abnahme ihrer Höhe. An der Hinterfläche hingegen, wo sich der freie Rand mit dem Septum vereinigt, kann eine gleiche Senkung nicht eintreten und es bleibt folglich hier die Höhe des Herzens unverändert. Dass dieses Verhältniss nicht genügend berücksichtigt wurde, ist die Ursache gewesen, dass die meisten Autoren, von einer systolischen Verkürzung des Herzens überhaupt gesprochen haben.

In der Contraction des linken Ventrikels ist übrigens schon ein verengender Einfluss auf den rechten gegeben. Denn, wenn sich das Septum stärker krümmt und verkürzt, so wird hierdurch eine Raumverminderung der rechten Höhle und ein Zug auf die Aussenwand desselben erzeugt, welche für die systolischen Kräfte des rechten Herzens unterstützend wirken müssen.

Die Persistenz eines bluterfüllten Spaltraumes unterhalb der Tricuspidalklappe hat ihre Gründe in dem Vorhandensein der Papillarmuskeln und in der Concavität des oberen Abschnittes des Septums (in der Längsrichtung des Herzens). Die Papillarmuskeln legen sich in der Systole zwischen Septum und Aussenwand und hindern die unmittelbare Berührung beider oberhalb ihrer Spitzen. Im Gebiete des Conus arteriosus aber wird durch die Gegenwart einer oberen Wand verhindert, dass sich die Aussenwand auf das Septum legen und so das Lumen ganz verschliessen könne.

Die Erweiterung der Höhle geschieht, abgesehen von den dilatirenden Einflüssen ausserhalb des Herzens, dadurch, dass das vom Vorhof her einströmende Blut die Aussenwand vom Septum abdrängt. Da diese in Folge ihrer Befestigung an den linken Ventrikel eine Verschiebung nach abwärts nicht erfahren kann, so bleibt nur eine solche nach auswärts und aufwärts übrig, die sich in einer Zunahme der Wölbung und in einer Erhebung des oberen Randes ausdrücken. Wie die geringe Druckhöhe im linken Vorhof dazu veranlasste nach Momenten zu suchen, welche die zur Füllung erforderliche Erweiterung des dickwandigen linken Ventrikels unterstützen, so wird es auf der anderen Seite durch die Dünnwandigkeit der rechten Kammer nahe gelegt, nach Einrichtungen zu fragen, welche einem etwaigen Ueber-

maass der Ausdehnung der rechten Kammer vorbeugen könnten. Und wie dort in dem Druck des Blutes in dem Coronararterien und in dem Zug des Athmungsapparates, so können auch hier mehrere Einrichtungen demselben Zwecke dienstbar erscheinen. Die Aussenwände des Ventrikels könnten durch Unterstützung ihrer Aussen- oder Innenfläche daran verhindert werden, sich über ein gewisses Maass hinaus von dem Septum zu entfernen. Die Sehnenfäden, welche in circulärer und querer Richtung an der Innenfläche der Kammerwände befestigt sind, könnten in dem einen, der Herzbeutel, der das dilatirte Herz eng umschliesst, in dem anderen Sinne wirken. Indess durch Versuche, die wir über diesen Punkt anstellten, sind wir zu der Einsicht gelangt, dass die musculöse Ventrikelwand in sich selbst die Eigenschaften besitzt, durch welche sie den beiden oben ausgesprochenen Forderungen in ausgezeichneter Weise gerecht wird.

Der Widerstand, welchen die lebendigen Wände des linken Ventrikels der Ausdehnung entgegenstellen, welche bei der Füllung der Höhle eintreten muss, gestaltet sich der Art, dass mit dem von Null anhebenden Füllungsdruck anfänglich die vom Ventrikel aufgenommenen Flüssigkeitsmengen direct proportional mit der Höhe der drückenden Säule wachsen. Ist die Füllung bis zu einem gewissen Grade gediehen, so verschwindet jedoch die bis dahin vorhandene directe Proportionalität derselben zum Druck. Von nun ab nimmt und zwar in fortwährend steigendem Maasse für gleiche Unterschiede des Druckes der Zuwachs ab, welchen die Räumlichkeit der Höhle erfährt.

Ein diese Abhängigkeitsverhältnisse erläuterndes Beispiel giebt die folgende Zahlenreihe über deren Gewinnung Folgendes zu bemerken ist. An dem überlebenden Herzen wurde die Aorta durch einen Kork verschlossen, wobei der Unterbindungsfaden unterhalb der Coronararterien angelegt ward. In die linke Atrioventricularöffnung wurde ein zweiter Kork gefügt, in dessen Bohröffnung eine Glasröhre mit Millimetertheilung eingesetzt war. Man taucht dann das weiche Herz bis zum Niveau der Atrioventricularöffnung in ein mit Blut gefülltes Gefäss und füllt es bis zum gleichen Niveau mit derselben Flüssigkeit. Darauf lässt man eine bekannte Menge Blut in das Glasrohr fliessen, verzeichnet den Stand des Flüssigkeitsspiegels in demselben und fährt in derselben Weise fort, bis endlich eine Druckhöhe von etwa 400^{mm} erreicht ist. Wenn man für jede Druckhöhe den Inhalt des Füllungsrohres abrechnet, so erhält man die Blutmengen, die der Ventrikel bei der bestimmten Druckhöhe aufgenommen hat. Zuletzt misst man den Gesammtinhalt des Ventrikels und des Füllungsrohres, vermindert dieses Quantum um das des vom Nullpunkt an zugefügten Blutes und erhält so die Blutmenge, welche das Herz zu Anfang, bei dem Druck 0 enthielt. Es betrug in unserem Beispiele $23 \cdot 8^{ccm}$.

Druckhöhe in Millim. Blut.	In Millim. Quecksilber.	Inhalt des Ventrikels in Cubikcm.	Zuwachs des Druckes um Millim. Blut.	Zuwachs der Füllung um Cubikcm.	Zuwachs der Füllung für eine Erhöhung des Druckes um je 10mm Blut. (In Cubikcm.)
0					
10	0·78	4·2	10	4·2	4·2
21	1·6	8·9	11	4·7	4·2
33	2·48	14·0	12	5·1	4·2
44	3·3	18·3	11	4·3	3·9
72	5·6	27·4	28	9·1	3·5
105	8·1	32.4	33	5·0	1·5
140	10·7	35·4	35	3·0	0·9
166	12·9	37·2	26	1·8	0·7
228	17·7	39·3	62	2·1	0·3
272	21·1	40·1	44	0·8	0·2
339	26·3	41·0	67	0·9	0·1
377	29·2	41.6	38	0·7	0·1
			377	41·7	

Die Zahlen drücken ausser dem oben ausgesprochenen Gesetz noch die wichtige Thatsache aus, dass die Wandungen des Ventrikels im Beginn der Diastole sehr weich und nachgiebig sind, sodass sie unter dem geringen Druck von 5·6mm Hg schon eine sehr bedeutende Ausdehnung gestatten. Aus diesen Eigenschaften der Wand gehen für den Strom aus den Venen in die Höhle des Ventrikels und für den Widerstand, welchen die Elasticität der schlaffen Wand ihrer Umformung in die systolische Gestalt entgegensetzt, wesentliche Vortheile hervor. In Anbetracht der kurzen Zeit, während welcher die Diastole besteht, wird man aus den angeführten Thatsachen folgern dürfern, dass das Einfliessen aus den Venen und aus dem Vorhofe (bez. den Lungen) selbst bei einem geringen Druck noch mit merklicher Geschwindigkeit geschehen könne, ohne dass von Seiten der Herzwand eine besondere Begünstigung geboten würde, wie sie durch eine sogenannte active Diastole herbeizuführen wäre. Für die Kräfte, welche bei der Ueberführung aus der diastolischen in die systolische Form thätig sind, kann es aber nur vortheilhaft sein, wenn ihnen durch die Steifigkeit der ruhenden Herzwand kein nennenswerther Widerstand entgegentritt.

Ueber den Mechanismus des Klappenschlusses der Tricuspidalis dürfen wir uns nach der ausführlichen Schilderung die wir der Mitralis gewidmet haben, kurz fassen. In den wesentlichen Punkten stimmt das Spiel beider Klappen überein, doch bedingen die Abweichungen im Bau der Ventrikel einige Modificationen der einzelnen, das Klappenspiel zusammensetzenden

Momente. Wir begegnen hier wie dort der systolischen Verengerung der Atrioventricularöffnung. Dieselbe günstige Stellung, wie sie das vordere Segel im linken Herzen erhält, nehmen im rechten die beiden Wandsegel ein, denn durch die Befestigung der Papillarmuskeln an's Septum erlangen sie in der Diastole eine Neigung, die um so grösser wird, je mehr sich die Atrioventricularöffnung erweitert. So trifft der Blutstrom im Augenblicke der beginnenden Systole nur auf die Ventrikelfläche der Segel. Die Ausbuchtung, welche dieselben hierdurch gegen den Vorhof hin erfahren, dient gleichzeitig dazu, die Kammer von diesem abzuschliessen und dem nach der Pulmonalarterie hin führenden Strombett des Ventrikels die möglichste Geräumigkeit zu verschaffen.

Die Papillarmuskeln haben hier wie links die Erschlaffung der Chordae zu verhüten, welche durch die Annäherung des Klappensegels an das Septum eintreten würde.

Da die Aussenwand sich unterhalb der Klappen und im Conus nicht auf das Septum auflegen kann, so bleibt hier ein kleiner Raum übrig, der nie völlig blutleer und dessen Bedeutung für die Anforderungen an die arteriellen und venösen Klappen mit dem übereinstimmt, was beim linken Herzen über denselben Raum gesagt wurde.

Die Gleitflächen für den systolischen Blutstrom zeichnen sich durch ihre Glätte aus und wo die Innenwand Vorsprünge besitzt, sind dieselben in einer solchen Richtung angebracht, dass sie dem ausströmenden Blute so wenig als möglich im Wege stehen.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1 und 2. Vertical-Projectionen desselben Herzens in seiner systolischen und diastolischen Form. (Grosser Hund).

Fig. 1. von der Vorderfläche, Fig. 2 von der Basis. — Die Projection des contrahirten ist in die des dilatirten eingezeichnet. Die römischen Ziffern geben die Nadelpunkte des dilatirten, die arabischen die des contrahirten Herzens an. (Vgl. S. 333 des Textes.)

Fig. 3. *A—D* Vertical-Projectionen des Herzens zweier gleichgrossen jungen Hunde desselben Wurfs (vgl. S. 333 des Textes); die blaue Zeichnung stellt das dilatirte, die rothe das contrahirte Herz dar.

A Rückfläche, *B* linke Seitenfläche, *C* Vorderfläche, *D* Basis, *E* die Constructionen der Frontalschnitte durch die Mitten derselben Herzen aus den Querschnitten der Figur 4.

Fig. 4. Die Querschnitte der beiden Herzen, welche die Fig. 3 darstellt (Dicke jedes Schnittes = 3 mm).

1 bis 14 Schnitte des contrahirten Herzens der Reihe nach von der Spitze zur Basis. 1′ bis 13′: ebenso vom dilatirten Herzen.

Fig. 5. Sagittalschnitt durch ein grosses Herz im contrahirten Zustand (Hund).

Fig. 6. Sagittalschnitt durch ein dilatirtes Hundeherz. Der Schnitt läuft durch das Septum atriorum.

Fig. 7. Die gestellten Vorhofsklappen eines menschlichen Herzens.

Ueber die Vorbemerkungen des Hrn. Prof. Abbe zu seinen „Grenzen der geometrischen Optik".

Von

Dr. R. Altmann,
Prosector an der anatomischen Anstalt zu Leipzig.

Hr. Prof. Abbe hat in diesen Vorbemerkungen den Versuch gemacht, sowohl die Einwände, welche ich neuerdings gegen die allgemeine Giltigkeit seiner Interferenztheorie erhoben habe,[1] zu entkräften, als auch meine eigenen Anschauungen über die Bilderzeugung als verfehlte hinzustellen.

In dem Nachfolgenden gedenke ich den Inhalt dieser Vorbemerkungen einer kurzen Besprechung zu unterziehen, und zwar werde ich zunächst die allgemeineren Punkte berühren und dann diejenigen, welche die mikroskopische Bilderzeugung im Besonderen betreffen.

Die Besprechung der allgemeineren Punkte wollen wir mit denjenigen beginnen, bei welchen Hr. A. mathematischerseits sein Bedenken geäussert hat.

Indem ich bei meinen Erörterungen von den Zerstreuungskreisen der Beugung ausging, hatte ich den Werth $\delta = \frac{\lambda}{2} \operatorname{ctg} \alpha$ in einer kurzen und in allen Punkten wohlbegründeten Reihe bestimmt (*Bilderzeugung*, S. 118). Hr. A. behauptet jedoch, diese Formel wäre falsch, sie müsste $\delta = \frac{\lambda}{2} \operatorname{cosec} \alpha$ heissen; Hr. A bringt den Beweis für diese Behauptung nicht, er folgert aber daraus, dass in meinen Auseinandersetzungen über die Bilderzeugung wegen dieses von ihm als vorhanden angenommenen Irrthums „alle Verhältnisse und alle Schlussfolgerungen gründlich verändert werden". (*Vorbemerkungen*, S. 32.)

Nun habe ich es in meiner Abhandlung zur Genüge betont, dass auf allen Gebieten der Bilderzeugung (Auge, Fernrohr, Camera und Mikroskop)

[1] Zur Theorie der Bilderzeugung. *Dies Archiv* 1880.

der Projectionswinkel nur eine beschränkte Grösse hat; beim Fernrohr beträgt derselbe durchschnittlich 5 Grad, beim Mikroskop in den meisten Fällen viel weniger, beim Auge etwa 8 Grad, und bei der Camera ist das in günstigem Falle wirklich verwerthbare Maass etwa 10 Grad. Nehmen wir nun den äussersten Fall und setzen die Grösse des Projectionswinkels gleich 10 Grad, so ist α gleich 5 Grad, die Cotangente davon 11·430, die Cosenante 11·474, die Differenz also eine so geringe, dass, auch wenn Hr. A. mit seiner Behauptung Recht hätte, der durch jenen hypothetiscben Irrthum hervorgerufene Schaden selbst in dem äussersten Falle nicht der Erwähnung werth wäre.

Ferner habe ich auf S. 120 meiner Abhandlung es ausführlich erörtert, dass weil wir eben in jener Formel die Cotangente statt der Cosecante haben, dadurch in dem Resultat meiner Messungen eine Ungenauigkeit hervorgerufen würde, die nur desshalb ohne wesentliche Bedeutung sei, weil bei den in Betracht kommenden Grössen des Projectionswinkels die Cotangente und die Cosecante sich sehr nahe stehen. Müssten wir also, wie Hr. A. es will, in jene Formel die Cosecante statt der Cotangente setzen, so würde kein Verhältniss, keine Schlussfolgerung auch nur im Mindesten verändert werden, sondern im Gegentheil die Resultate meiner Messungen würden dadurch an Genauigkeit gewinnen.

Ein weiterer Einwurf des Hrn. A. bezieht sich auf jene drei Sätze über die sphärische Aberration, welche ich aus den Gesetzen des sphärischen Spiegels abgeleitet habe. (*Bilderzeugung*, S. 135.) Weil die Aberration des sphärischen Spiegels auch als das Prototyp aller sphärischen Aberrationen zu betrachten ist, und weil nicht sowohl wegen der verschiedenen Constructionstypen, als wegen der verschiedenen technischen Vollkommenheit der Correction die sphärische Aberration in jedem einzelnen Gebiete der Bilderzeugung, wie auf dem Gesammtgebiete eine unendliche Reihe von Formen hat, und daher eine erschöpfende Darlegung unmöglich erschien, so hatte ich mich damit begnügt, die Analogie der aus den Gesetzen des sphärischen Spiegels hergeleiteten Verhältnisse auch auf andere Instrumente zu übertragen.

Hr. A. giebt nun zu, dass jene Sätze selbst richtig sind, er bestreitet mir aber das Recht, dieselben auf andere Instrumente anzuwenden, und zeigt, dass sowohl bei den Refractoren, wie beim Mikroskop andere Verhältnisse bestehen, sobald man specielle Voraussetzungen macht.

Die beiden Sätze, welche Hr. A. in Bezug auf das heutige Doppelobjectiv eruirt hat (*Vorbemerkungen*, S. 34), zeigen nur, dass dabei das, was der zweite und dritte jener Sätze über den sphärischen Spiegel ausdrücken soll, auch hier in erhöhtem Maasse richtig ist, dass nämlich die

Zerstreuungskreise der sphärischen Aberration mit zunehmendem Bildabstand in sehr erheblichen Grade an Grösse abnehmen, mit zunehmendem Objectivdurchmesser in noch viel erheblicherem Grade an Grösse zunehmen.

Was das Mikroskop betrifft, so hatte ich, einer älteren Idee Abbe's folgend, hier die Fernrohrwirkung des Objectivs von der Lupenwirkung getrennt, und nur die erstere in Betracht gezogen, um auch hier die Analogie jener Sätze direct verwerthen zu können.

Will man diese Trennung nicht, so sind alsdann bei Objectiven von gleichen Oeffnungswinkeln der zweite und der dritte jener Sätze überhaupt nicht anwendbar; denn der zweite enthält als wirksames Princip Aenderungen der Krümmungsradien bez. der Brennweiten, was unter den gegebenen Bedingungen unmöglich ist, und der dritte Satz als wirksames Princip Aenderungen der Oeffnungsgrösse, was durch die Voraussetzung ausgeschlossen ist. Will man also jene Trennung nicht durchführen, so kann die Analogie des zweiten und dritten Satzes nur verwerthet werden bei Objectiven von verschiedenen Oeffnungswinkeln, indem man gleichzeitig in Betracht zieht, dass beim Mikroskop der Objectivdurchmesser nicht identisch ist mit der Oeffnungsgrösse und der Bildabstand nicht identisch mit der Brennweite.

Dagegen enthält dann der erste jener drei Sätze Alles, was über Objective mit gleichem Oeffnungswinkel zu sagen ist und solche Sätze, wie sie Hr. A. für das Mikroskop angeführt hat (*Vorbemerkungen*, S. 35), sind nur Variationen desselben, die demselben nichts hinzufügen.

Soll also jene Trennung nicht durchgeführt werden, so lauten die beiden Folgerungen, welche ich auf Seite 182 meiner Abhandlung gezogen habe, dass entsprechend dem ersten jener drei Sätze die Correctionschancen stärkerer Mikroskopobjective nur im einfachen Verhältniss der Objectivdurchmesser bez. der Brennweiten bessere seien, als die der schwächeren, und dass die Frage, ob ein längerer Tubus für die Correction nützlicher sei, als ein kürzerer, auf theoretischem Wege dann überhaupt nicht discutirbar ist.

Insbesondere aber wenden sich die Einwürfe des Hrn. A. dagegen, dass ich nicht nur gleichartige Instrumente unter sich, sondern auch verschiedenartige Instrumente unter einander mit Hülfe jener Sätze in Bezug auf ihre Aberrationskreise verglichen habe. So wollte ich mir z. B. über die Frage klar werden, warum das mangelhaft corrigirte Menschenauge bei weitem bessere Bilder liefere, als ein grosses Cameraobjectiv von demselben Projectionswinkel, auch wenn dasselbe mit raffinirtester Sorgfalt corrigirt ist. Die Zerstreuungskreise der Beugung konnten diese Differenz nicht bewirken, denn für dieselben sind in beiden Fällen die gleichen Bedingungen vorhanden, und da jene Unterschiede in der Qualität der Bilder auch bei Anwendung von rein monochromatischem Licht[1] bestehen bleiben, so konnten

[1] Wo ich einer Controle der chromatischen Aberration benöthigte, habe ich mich

dieselben nur abhängen von den Zerstreuungskreisen der sphärischen Aberration. Indem ich nun zwei sphärische Spiegel von denselben Grössenverhältnissen mit Hülfe jener Sätze verglich, kam ich zu dem Schluss, dass in der Grösse des Cameraobjectives der Grund für seine schlechteren Bilder lieg trotz der Anwendung einer sorgfältigen Correction.

Ich verstehe nicht, was Hr. A. gegen diese Analogie einzuwenden hat, und durch welche besseren Mittel er dieselbe ersetzen will.

Da nun Hr. A. über die Verwerthung jener Sätze seine Bedenklichkeiten äussern zu müssen glaubt, so fühlt er sich auch veranlasst, von ihnen zu behaupten, dass sie „den Discussionen aller nachfolgenden Capitel über Auge, Camera, Fernrohr und Mikroskop als Richtschnur vorgezeichnet seien," und dass die aus jenen Sätzen gewonnenen Schlüsse es seien, „welche die nächstfolgenden Capitel der Altmann'schen Abhandlung grossentheils ausfüllen" (*Vorbemerkungen*, S. 34).

Jene drei Sätze sind nun, wie ich es ja S. 135 meiner Abhandlung und auch später genügend betont habe, von mir lediglich für die eine Frage aufgestellt und verwerthet worden, warum die Chancen für die Güte der Correction bei den einzelnen Instrumenten so verschieden seien. Mit der von mir vertretenen Theorie der Bilderzeugung haben diese Sätze nichts zu thun; sie sind da, wo sie stehen, ein kleines Anhängsel zu dem Vorangegangenen, dessen Werth sie weder erhöhen noch verringern und da, wo ich bei den einzelnen Instrumenten aus diesen Sätzen Folgerungen gezogen habe, bilden diese Folgerungen meist ebenfalls nur ein kleines Anhängsel zu dem Uebrigen, das gut entbehrt werden kann und das immer nur den einen Gesichtspunkt vertritt, warum bei dem einen Instrument die Chancen für die Güte der Correction grösser sind als bei dem andern.

So nehmen diese Sätze mit allen daraus hervorgegangenen Folgerungen in dem allgemeinen Theil meiner Abhandlung zwei Seiten ein, in dem Abschnitt über das Mikroskop eine Seite, in dem Abschnitt über das Auge zehn Reihen, in dem Abschnitt über die Camera fünf Reihen, und nur beim Fernrohr findet sich in der Besprechung der Form und Gebrauchsweise dieses Instrumentes eine etwas innigere Verflechtung mit dem übrigen Inhalt.

Jene beiden Behauptungen des Hrn. A. stehen daher in dem directesten Widerspruche mit dem thatsächlichen Sachverhalt.

Auf S. 33 seiner Vorbemerkungen ferner bespricht Hr. A. meine Analyse der sphärischen Aberration und behauptet von ihr, dieselbe beziehe sich ausschliesslich auf gänzlich uncorrigirte Systeme, weil ich ausschliess-

---

gewöhnlich des Natronlichtes bedient, indem ich salpetersaures Natron in einem Platinschälchen im Gasgebläse verbrennen liess; man erhält so ein reines und intensives Licht.

lich mit einer unachromatischen Convexlinse experimentire und deducire; die gegebenen Nachweise gelten wohl für sphärische Spiegel und unachromatische Linsen, sowie für den optischen Apparat des Auges, im Uebrigen aber finden sie höchstens noch Anwendung auf die sämmtlichen alten Mikroskope und Fernröhre aus der Zeit vor Erfindung der Achromasie; für alles, was man heut zu Tage unter Fernrohr, Camera oder Mikroskop verstehe, könnten sie keine Geltung haben.

Dem gegenüber habe ich nur zu bemerken, dass ich allerdings meine Deductionen an die Experimente mit einer unachromatischen Convexlinse (deren chromatische Wirkungen durch Natronlicht leicht zu controliren waren) angeschlossen habe, und zwar deshalb, weil es mir nützlich erschien, jene Deductionen an einem für Jeden leicht zugänglichen Fall durchzuführen; jene Deductionen selbst beziehen sich jedoch nicht auf einen speciellen Fall der sphärischen Aberration, sondern sie beziehen sich auf alle Nüancen der Unter- oder Uebercorrection.

Sie haben allerdings keine directe Geltung für diejenigen Fälle, in denen die Unter- und Uebercorrection mit einander combinirt sind; diese Fälle sind jedoch aus dem gegebenen Material leicht zu ergänzen und haben nur das Eigenthümliche, dass der lichtstarke Raum nicht nothwendigerweise ganz zu fehlen braucht, dass die Ebene des deutlichsten Bildes nicht wie bei der reinen Unter- oder Uebercorrection zuoberst oder zuunterst zu liegen braucht, sondern eine mehr mittlere Lage einnehmen kann, und dass die centralen Lichtpunkte ausser von mittleren Theilen des optischen Systems noch gleichzeitig Lichtstrahlen von mehr peripherischen Theilen erhalten können, was den an dem centralen Lichtpunkte sich abspielenden Beugungsvorgang ausserordentlich complicirt machen kann.

Für die einfachere Vorstellung genügt es, dass auch diese Fälle ihre centralen Lichtpunkte, ihren lichtschwachen und lichtstarken Raum haben, und dass auch hier die Erzeugung der Bildtheile von den an den centralen Lichtpunkten sich abspielenden Vorgängen abhängt, der lichtschwache und lichtstarke Raum dagegen die Definition der Bilder beeinflusst.

Auf S. 35 und 36 seine Vorbemerkungen bespricht Hr. A. das Verhältniss der Beugungskreise zu den Aberrationskreisen. Ich muss gestehen, dass es mir nicht gelungen ist, in diesen Auslassungen einen positiven Anhalt zu finden.

Dass nun Hr. A. auf diese Unklarheiten hin die Folgerung zieht, dass die Unterscheidung von Beugungskreisen innerhalb der Aberrationskreise eine reine Chimäre sei, kann bei der Art der Abbe'schen Behauptungen nicht Wunder nehmen. Dass er aber hier auch die Unabhängigkeit der penetrirenden Kraft von den Zerstreuungskreisen der sphärischen Aberration als einen unerforschlichen Rathschluss bezeichnet, ist doch etwas eigen-

thümlich, da er ja selbst kurz zuvor meine Analyse der sphärischen Aberration für eine Anzahl von Fällen zugegeben hat, und diese Analyse jene Unabhängigkeit unbedingt in sich schliesst.

Wir können diese beiden Fragen, die Unabhängigkeit der Penetration von den Aberrationskreisen und die Existenz von Beugungskreisen innerhalb der letzteren von einander trennen; beide Fragen stehen nur insofern mit einander in Beziehung, als, nachdem jene Unabhängigkeit der Penetration constatirt ist, die Existenz von Beugungskreisen bestimmend einwirkt auf die Grenzen der Penetration.

Jene Unabhängigkeit der Penetration zu demonstriren ist nicht schwer und lässt sich, wie ich es bereits in meiner Abhandlung S. 133 Anmerk. erwähnt habe, mit den einfachsten Mitteln erreichen. Dass die Aberrationskreise durch die von ihnen abhängige Definition einen indirecten Einfluss auf die penetrirende Kraft ausüben, das habe ich in meiner Abhandlung ausführlich erörtert.

Um sich darüber klar zu werden, dass die Zerstreuungskreise der Beugung es sind, welche der Penetration eine Grenze setzen, dürfte es gut sein, jenen Entwickelungsgang zu nehmen, wie er in meiner Abhandlung angegeben ist, nämlich auszugehen von solchen Experimenten, bei denen man alle Stadien des Beugungseinflusses in den Bildern verfolgen kann (S. 115 u. f.); dann an möglichst vollkommen corrigirten Objectiven zu immer grösseren Oeffnungen überzugehen, um sich mit Hülfe geeigneter Vergrösserungen zu überzeugen, dass in den Wirkungen jener sehr geringen Grösse des Projectionswinkels bis zu der in der Bilderzeugung gebräuchlichen Grösse ein continuirlicher Zusammenhang der Erscheinungen besteht.

Als ich eine grössere Anzahl der verschiedensten Objective auf die Grösse von δ hin geprüft hatte und gefunden hatte, dass diese Grösse bei allen annähernd zu erreichen war, da war ich zu der Ansicht gekommen, dass die Leistungen unserer Optiker ausserordentlich tüchtige sein müssten; denn ich nahm an, dass, wie die Zerstreuungskreise der Beugung, so auch die Zerstreuungskreise der übrigen Aberrationen einen directen Einfluss auf die Grösse von δ haben müssten. Hiervon kam ich jedoch bald ab, als ich es lernte, nicht nur die Grenzen der penetrirenden Kraft bei den einzelnen Objectiven zu bestimmen, sondern auch die Höhe der definirenden Kraft in Vergleich zu ziehen. Da zeigten sich ausserordentlich grosse Unterschiede; diese führten mich zu jener Analyse der Aberrationen und damit auch zu der Einsicht, dass die penetrirende Kraft in directer Abhängigkeit nur stehe von den Zerstreuungskreisen der Beugung.

Dass die anacentrischen Strahlen der sphärischen Aberration ohne directen Einfluss sind bei den an den centralen Lichtpunkten sich abspielenden Vorgängen, davon kann man sich überzeugen, wenn man bei

Betrachtung des Punktes C das Objectiv soweit abblendet, dass die anacentrischen Strahlen ausgeschlossen sind; die Erscheinungen bleiben dann dieselben, wie zuvor. Bei der geringen Intensität der Ebene AB war dieses auch nicht anders zu erwarten, und in den Ebenen zwischen C und C' führt die grössere Intensität des lichtstarken Raumes nur insofern zu einer Beeinflussung der Helligkeitsunterschiede, als sie die Quantität derselben herabsetzt, den Ausgleich derselben herbeizuführen, ist sie dagegen nicht im Stande.

Dass man die Existenz von Beugungskreisen innerhalb der Aberrationskreise auch direct beobachten kann, habe ich bereits in meiner Abhandlung angedeutet (S. 125). Dieses hat jedoch seine Schwierigkeiten, solange man die Beugungskreise, wie es dort geschehen ist, in der Brennweite der Objective darzustellen sucht, weil hier die Beugungskreise selbst in C noch sehr klein sind.

Die Beobachtung gelingt jedoch in voller Prägnanz, wenn man den Strahlengang im Mikroskop nachahmend das Bild eines leuchtenden Punktes vermittelst eines mangelhaft corrigirten Objectives so darstellt, dass der leuchtende Punkt sich in der Nähe der Brennweite des Objectivs, das Bild jedoch in grösserer Entfernung befindet.

Warum die Beugungskreise in der Brennweite selbst nicht corrigirter Spiegel und Linsen so klein sind, ergiebt sich leicht aus den dort bestehenden Verhältnissen. Beim sphärischen Spiegel ist die Grösse der Beugungskreise constant, und unabhängig vom Durchmesser und Krümmungsradien, so lange der Durchmesser nicht unter eine gewisse Grösse geht. Auch bei Linsen und Linsensystemen mit völlig ähnlicher Correctionsform ist diese Grösse constant und auch hier ebenso unabhängig. Die Länge der Krümmungsradien ist nur insofern von Einfluss, als durch eine grössere Länge derselben der Abstand von C und C' vergrössert wird, die Beugungskreise der einzelnen Ebenen dadurch mehr auseinanderrücken und leichter bei der Beobachtung zu trennen sind.

Ideell genommen ist der im Punkte C thätige Projectionswinkel gleich Null, die diesem ideellen C zunächstliegenden Beugungskreise daher sehr gross, aber auch zu lichtschwach, um wirksam zu sein. Andererseits bewirkt bis zu einer gewissen Grösse des Projectionswinkels die ausserordentlich geringe sphärische Abweichung, dass die dem Punkte C nächstliegenden centralen Lichtpunkt so nahe aneinanderrücken, dass man selbst bei dem sphärischen Spiegel und bei nicht corrigirten Linsen sagen kann, sie seien für einen gewissen mittleren Theil aberrationsfrei, denn die Grösse der hier erzielten Zerstreuung ist völlig verschwindend. Dieser aberrationsfreie Theil bestimmt nun die Grösse des in C thatsächlich wirksamen Projectionswinkels; da dieser selbst bei sphärischen Spiegeln und nicht corrigirten

Linsen immer schon eine erhebliche Grösse hat und diese Grösse nach C' hin sich noch steigert, so sind die in der Brennweite der Objective dargestellten Beugungskreise sehr klein und gelingt deshalb die Beobachtung derselben innerhalb der Aberrationskreise mit weit grösserer Prägnanz, wenn der leuchtende Punkt sich in der Nähe der Brennweite des Objectivs, das Bild in grösserer Entfernung befindet, wie es beim Mikroskop der Fall ist. Wie kommen auf diese Versuche bei Besprechung des Mikroskop zurück.

Am Schlusse seiner Vorbemerkungen theilt Hr. A. noch zwei Beobachtungen mit, welche meinen Auffassungen über die Bilderzeugung widersprechen sollen. Die erste Beobachtung bezieht sich darauf, dass man, um ein gröberes Bilddetail (deutlich) zu sehen, dem Punkt C, und um ein feineres Bilddetail zu unterscheiden dem Punkte C' näher gehen muss; daraus ergebe sich die (nach Abbe wunderliche) Consequenz, dass gröberes Detail, um (deutlich) sichtbar zu werden, ein vermindertes Unterscheidungsvermögen erfordert.

Sowohl Beobachtung wie Consequenz sind richtig, wenn man das eingeklammerte Wort deutlich an seinen Stellen einfügt. Da von C nach C' hin die Definition des Bildes wegen des zunehmenden lichtstarken Raumes rapide abnimmt und ein gröberes Detail schon in der Nähe von C auflösbar ist so wird es hier wegen der besseren Definition leicht deutlicher sein, als in grösserer Nähe von C'.

Die zweite Beobachtung behauptet, dass, wenn man das von hinten beleuchtete Gitter durch ein glühendes Drahtgeflecht ersetze, dass dann gänzlich andere Erscheinungen kommen. Diese Beobachtung ist falsch; auf welchen Beobachtungsfehlern sie beruht, vermag ich nicht zu sagen, da die Angaben des Hrn. A. zu ungenau sind. Nur soviel will ich bemerken, dass bei meinen sämmtlichen Experimenten und Messungen die Versuchsanordnung eine solche war, dass das von hinten beleuchtete Gitter alle Eigenschaften selbstleuchtender Objecte besass.

Auf Seite 122 meiner Abhandlung habe ich ausdrücklich folgendes hervorgehoben:

„Eine weitere Fehlerquelle für diese Versuche könnte darin liegen, dass jene als Object benutzten Linien neben dem durchfallenden Licht der Gasflamme noch durch Beugung getrennte Lichtbündel unserem zu prüfenden Objective zusenden, und so die Möglichksit von Interferenzbildern gegeben wäre, welche die Zuverlässigkeit der Resultate in Frage stellen könnten. Diese Fehlerquelle lässt sich leicht dadurch ausschliessen, dass wir entsprechend dem Abstand jene Objectlinien von einander die Breite der Gasflamme und ihre Annäherung an die Linien so wählen, dass alles directe und gebeugte Licht, welches das zu prüfende Objectiv trifft, zu-

sammenfällt, und so in einem Sinne wirkt; wir haben dann einem jeden Objectpunkt entsprechend nur einen im Bilde wirksamen Strahlenkegel."

Dass nun Hr. A. trotz dieser ausdrücklich hervorgehobenen Angaben die Erscheinungen an den centralen Lichtpunkten bei meinen Versuchen aus der Interferenzwirkung isolirter Beugungsstrahlen ableiten will, welche durch die Diffractionswirkung des als Object benutzten Gitters erzeugt seien (S. 28 seiner Vorbemerkungen), zeigt nur, mit welcher Zähigkeit Hr. A. an der Wirkung seiner isolirten Beugungsstrahlen hängt und nichts mehr. Denn isolirte Beugungsstrahlen sind bei meinen Experimenten durch die Versuchsanordnung überhaupt ausgeschlossen und die von Hrn. A. allerdings nicht in Betracht gezogene Möglichkeit von künstlichen Interferenzbildern, welche sich aus den Verhältnissen der sphärischen Aberration wenigstens in den Ebenen unterhalb *C* ergeben könnte, erledigt sich durch jene Lommel'sche Berechnung ringförmiger Objective.

Diese Idee von der Wirkung getrennter Beugungsstrahlen, welche durch die Diffractionswirkung der Objectdetails aus dem directen Lichte isolirt neben diesem nach einem Objectiv gelangen, und indem sie mit diesem sowie unter einander in den Bildpunkten zusammentreffen, ein conformes oder nicht conformes Interferenzbild der Objecte erzeugen, diese Idee ist es, welche Hr. A. auf das gesammte Gebiet der Bilderzeugung übertragen will, die ihm den Begriff der Penetration in weitestem Umfange erklärt, und vermittels welcher er die engen Grenzen der geometrischen Optik weit hinter sich lassend seine Theorie begründet hat. Dabei sei es gleichgültig, ob wir es mit reflectirtem oder durchfallendem Lichte zu thun haben; nur selbstleuchtende Objecte sollen hiervon eine Ausnahme machen; sie sollen allein das Material abgeben für die geometrische Optik, worunter Hr. A., wie es scheint, die Lehre von den Eigenschaften der Bilder versteht, soweit sich dieselben aus den Zerstreuungskreisen der Bilder ableiten lassen.

Diese Idee betrachtet die Beugungsaberration, die sphärische und chromatische Aberration bei der Erklärung der Erscheinungen nur als begleitende Momente, sie sucht ihre wesentlichen Bedingungen ausserhalb der optischen Instrumente an den Objecten selbst.

Da wir speciell auf das Mikroskop später zu sprechen kommen werden, so wollen wir vorerst in Betracht ziehen, wie weit sich diese Bedingungen auf den übrigen Gebieten der Bilderzeugung erfüllen.

Sehen wir von den selbstleuchtenden Körpern ab, die ja schon an und für sich von der Abbe'schen Theorie ausgenommen sein sollen, so haben wir es auf allen diesen Gebieten fast ausschliesslich mit reflectirtem Licht zu thun. Nun habe ich bereits in meiner Abhandlung S. 166 erwähnt, dass hierbei von durch die Objectdetails aus dem Lichte ausgeschiedenen Beugungsstrahlen und von einer auf dieser Trenunng beruhenden Inter-

ferenzwirkung im Bilde nicht die Rede sein kann, weil fast alle unsere Objecte das Licht diffus reflectiren.

Der Process, welcher sich bei der Reflexion des Lichtes an der Oberfläche unserer Objecte abspielt, ist bisher keineswegs völlig klar gelegt. Das beweisen die verschiedenartigen Theorien, die man über die Absorption des Lichtes aufgestellt hat. Soviel erscheint jedoch sicher, dass dieser Process ein molecularer ist; ausser anderen Erscheinungen sprechen noch insbesondere die Farben unserer Objecte dafür. Weil aber dieser Process ein molecularer ist, so erhalten unsere Objecte bei der Reflexion des Lichtes alle optischen Eigenschaften selbstleuchtender Körper. Die Abbe'schen Anschauungen haben daher bei der Bilderzeugung im Allgemeinen keine Geltung.

Die Abbe'schen Anschauungen würden, soweit sie die Bilderzeugung im Allgemeinen betreffen, überhaupt erst discutirbar werden, wenn die Oberflächen unserer Objecte und Objectdetails metallisch glänzend wären und auch dann nur bei annähernd punktförmigen Lichtquellen. Da diese Fälle in der Bilderzeugung äusserst selten sind, so lohnt es nicht der Mühe, diese Fälle noch einer besonderen Besprechung zu unterziehen.

Wir gedenke diejenigen Punkte, welche die mikroskopische Bilderzeugung betreffen, in einem folgenden Aufsatze zu besprechen.

Kerntheilungen im Pankreas des Hundes.

Von

J. Gaule.

Aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig.

Flemming vertheidigt in seiner letzten Mittheilung[1] den Satz „*omnis nucleus e nucleo*" mit der einschränkenden Klausel, „so viel wir bis jetzt wissen". Ich glaube, dass die Histologie alles Interesse hat, über diese Einschränkung so bald als möglich hinwegzukommen und über den Geltungsbereich dieses wichtigen Satzes klar zu werden. Die charakteristische Form, in welcher die indirecte[2] Kerntheilung zur Erscheinung kommt, die karyokinetischen Figuren also, bieten ja neben der Einsicht, die sie uns in das Wesen der Kerntheilung selbst gewähren, noch den Vortheil, dass sie uns anzeigen, ob und wo eine Kernvermehrung stattfindet. Die Zelltheilung geht aber nach unseren jetzigen Erfahrungen in den meisten Zellen der Kerntheilung parallel. Wir dürfen also hoffen, darüber in's Klare zu kommen, in welchem Maassstabe im Organismus während des Lebens eine Zellneubildung stattfindet, und in wie fern die Function der Organe mit einem Untergang der sie bildenden Zellen verknüpft ist. Bei dem weiten Spielraum, welchen unsere seitherigen Anschauungen der Neubildung von Kernen und Zellen liessen, konnten die histologischen Bilder ja nur in den seltensten Fällen einen positiven Beweis, kaum je einen negativen Beweis für eine stattfindende Bildung von Zellen liefern. Erst durch den Nachweis eines ganz bestimmten und histologisch mit Sicherheit erkennbaren Processes, welcher die Zelltheilung vermittelt, wird es möglich, der Physio-

[1] Flemming, M. Schultze's *Archiv*. Bd. VIII, Heft 3, S. 363.

[2] Ich benutze hier die Flemming'sche Terminologie. Die indirecte Kerntheilung selbst darf ich nach den zahlreichen Mittheilungen, die in der letzten Zeit darüber gemacht sind, namentlich nach den zusammenfassenden Abhandlungen von Flemming im 2. Heft des 18. Bandes von M. Schultze's *Archiv* wohl als in allen Einzelnheiten bekannt voraussetzen.

logie die von ihr so dringend gewünschte Entscheidung in diesen Fragen zu liefern. Desshalb müssen wir freilich wünschen, dass Flemming Recht behält, wenn er den Modus der indirecten Kerntheilung als den, wenigstens für das Epithel allgemein gültigen voraussetzt. Erfreulicherweise mehren sich von Tag zu Tag die Zeugnisse, welche diese Ansicht bestätigen. So haben wir auch unter den Säugethieren für Kaninchenembryonen und säugende Kätzchen die Beobachtungen von Flemming,[1] am Epithel der Hornhaut bei Regeneration die von Eberth,[2] an den Zellen rasch wachsender Geschwülste die von Arnold.[3] Allein für das Vorkommen indirecter Kerntheilung bei physiologischen Veränderungen am erwachsenen Säugethier fehlte bis jetzt jeder Nachweis,[4] und gerade an die Giltigkeit des Flemming'schen Satzes auf diesem Gebiete knüpften sich wohl die meisten Zweifel. Flemming sucht die Erklärung dafür in der Kleinheit der Kerne der Säugethiere und spricht geradezu aus,[5] dass wir mit den heutigen optischen Hülfsmitteln an Säugethierkernen nie so viel Detail sehen werden, als Salamandra u. s. w. schon bei mittelgrossen Linsen sehen lassen. Mit dieser Erklärung habe ich mich um so lieber zufrieden gegeben, als ich oftmals an gutgefärbten Präparaten Zeichnungen wahrnahm, welche die Idee erweckten, hier möchten wohl Kerntheilungsfiguren zu sehen sein, wenn man das kleine und verworrene Bild nur aufzulösen im Stande wäre. Anderen Histologen ist es wohl ebenso ergangen.

Kürzlich jedoch traten mir bei der Betrachtung eines mit Hämtoxylin gefärbten Schnittes vom Pankreas[6] des Hundes mit einer Hartnack'schen 8 diese Zeichnungen mit einer solchen Deutlichkeit entgegen, dass mir die Vermuthung, hier lägen karyokinetische Figuren vor, ausserordentlich wahrscheinlich wurde. Es waren Gruppen von je 2 Kernen, in einem Falle auch von 4 Kernen, welche dicht zusammenlagen, sowie einzelne schon durch ihre Grösse auffallende Kerne, welche sich in dieser Weise durch die stark gefärbten Zeichnungen vor den übrigen hervorhoben. Wasserimmersionslinsen, auch die besten, erwiesen sich jedoch nicht hinreichend, um die Zeichnungen völlig aufzulösen. Dagegen versprach eine Oelimmersion mehr zu leisten, da die Präparate mit Canadabalsam aufgehellt waren. In der

---

[1] Flemming, *Archiv für mikrosk. Anatomie.* Bd. XVIII, Heft 2, S. 185.

[2] Eberth, *Archiv für pathologische Anatomie.* Bd. LXVII, S. 523.

[3] Arnold, *Archiv für pathol. Anatomie.* Bd. 78, S. 279.

[4] Vielleicht darf man das Vorkommen eigenthümlich granulirter Körperchen in den untersten Lagen der Hornhautepithelien von Säugethieren, welches W. Krause auf S. 147 seines *Handbuchs der Anatomie* angiebt, hierher rechnen.

[5] Flemming, a. a. O. S. 163.

[6] Ueber die Technik ist nichts weiter zu bemerken, als dass gute Färbung und sehr dünne Schnitte nöthig sind.

That erblickte ich unter Anwendung eines homogenen Immersionssystems von $^1/_{12}$ die Kernfiguren mit einer Klarheit, welche der beistehende Holzschnitt keineswegs übertreibt. Ich habe auf demselben in Fig. 1 ein Läppchen abgebildet nach der Natur, während Fig. 2 einige von verschiedenen Stellen entnommene Zellen mit besonders charakteristischen Kernfiguren darstellt. Auf Fig. 1 sind *a* und *b* ruhende Kerne, in denen sich das feine intra-

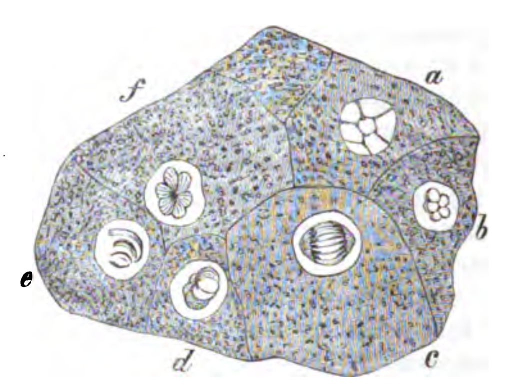


Fig. 1. Läppchen des Pankreas. *a* und *b* ruhende Kerne, *c* Kerntonne, *d* und *f* Sterne, *e* abweichender Typus.

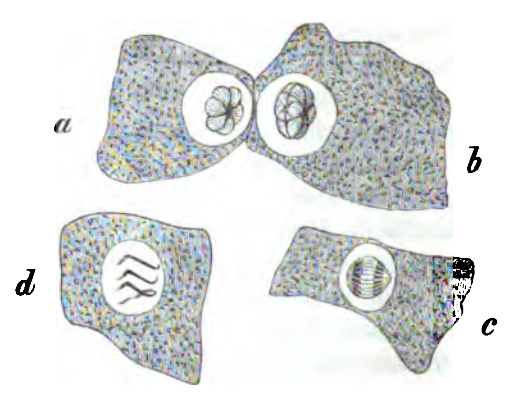


Fig. 2. *a* und *b* Zellen in Theilung, Tochtersterne, *c* Kerntonne, *d* abweichender Typus.

nucleare Netzwerk findet, ähnlich wie es Klein[1] für die Kerne der Drüsenzellen schildert. Die Fäden, welche dieses Netzwerk bilden, sind dünn und wenig gefärbt. Hervortretend sind nur einige Körnchen, die in den Knotenpunkten des Netzes liegen. Den Uebergang aus dem ruhenden in den karyokinetischen Zustand bilden auch hier, wie bei Salamandra, Knäuel-

[1] Klein, *Quarterly Journ of micr. science.* 1878. Vol. XIV, p. 315.

figuren, welche in den sich gleichzeitig vergrössernden Kernen auftreten. Diese Knäuel sind aber (im Unterschied von Salamandra) blass, nicht viel stärker gefärbt als die ruhenden Kerne. Man sieht, dass die Fäden dick sind, dass sie schleifenförmig gebogen und regellos vertheilt den grossen Kern bis zum Rande erfüllen, so dass kein lichter Hof um sie bleibt. Genau genug, um die Einzelnheiten zu zeichnen, konnte ich jedoch keine dieser Figuren analysiren. Sehr scharf in Farbe und Contouren treten dagegen die in Figur 1 *cde* und in Figur 2 wiedergegebene Formen hervor. Die Deutlichkeit derselben wird noch vermehrt dadurch, dass sie den Kern nicht vollständig erfüllen, so dass ein lichter Hof um sie verbleibt.[1] Es sind dies wesentlich die Muttersterne und eine Figur, welche bald mehr der Kerntonne, bald der Aequatorialplatte, bald zwei Tochtersternen, die noch durch feine Fäden verbunden sind, entspricht. Daneben kehrt häufig und in Deutlichkeit ein Typus wieder, den ich in keiner der von Flemming für Salamandra festgestellten Phasen unterbringen kann. Ich habe ihn in Fig. 1*e* und Fig. 2*d* in zwei etwas verschiedenen Modificationen abgebildet. Am ehesten scheint es mir noch möglich, ihn als ein Zwischenstadium zwischen Knäuel und Stern aufzufassen. Vielleicht ergiebt es sich, dass der Kerntheilungsmodus beim Säugethier etwas Eigenartiges hat. Doch erscheint es mir verfrüht, diese Frage jetzt schon zu discutiren, dazu ist das Material noch zu klein und die Schwierigkeit, die körperliche Gestalt der Kerngebilde sich klar zu machen, bei den Säugethieren noch zu gross. Selbst mit dem von mir benutzten starken Immersionssystem erscheinen die Kernfiguren von Pankreas immer noch kleiner, als die von Salamandra mit einer Hartnack'schen 7 betrachtet und mit dieser Kleinheit wächst natürlich die Schwierigkeit der räumlichen Anschauung. Daher möchte ich vorerst mehr Werth darauf legen, dass die Uebereinstimmung hier eine so wesentliche ist, dass wir den an dem bequemen Objecte der Salamandra genau studirten Vorgang überall als Leitfaden benutzen können.

Ein Durchmikroskopiren des Pankreas, von dem die beschriebenen Präparate stammten, ergab, dass die Kerntheilung regionär vertheilt war. In einzelnen Läppchen waren sehr viele Kerne in Theilung begriffen, in anderen Partien suchte man Kerntheilungsbilder ganz vergeblich. Ebenso fand Flemming,[1] dass in ganzen Abschnitten der Hodenkanäle z. B. und ebenso an anderen Orten die Theilung der Kerne gleichzeitig verläuft, während sie in den anderen Partien der Drüse fehlt. Aber auch an die Be-

[1] Ich lasse bei der Unmöglichkeit des Vergleiches mit dem frischen Präparate es natürlich dahingestellt, in wie weit dieser lichte Hof der Erhärtung seine Entstehung verdankt.

[2] Flemming, a. a. O. S. 191.

obachtungen von Heidenhain[1] über das gleichzeitige Vorkommen verschiedener Verdauungsstadien im Pankreas erinnerte mich dieser Befund. Er schildert eine Drüse, in der einzelne Partien, die sich im zweiten Verdauungsstadium befanden, eingesprengt lagen, in der Masse der übrigen im ersten Stadium befindlichen Drüse. Als ich darauf hin seine Beschreibung des zweiten Verdauungsstadiums durchlas, fiel mir ein Passus auf, den ich wörtlich citiren will: „die Kerne sind oft nicht mehr rund und glattrandig, sondern platt und zackig". Diese platt und zackig gewordenen Kerne, welche Heidenhain auffielen, darf man vielleicht als in Theilung begriffene deuten,[2] und dann wären die Läppchen, welche sich im zweiten Verdauungsstadium befinden, identisch mit denen, in welchen ich Kerntheilung fand.

Die Vermuthung, dass die Bildung eines so eiweissreichen Secretes, wie es das Pankreas liefert, an den Untergang von Zellen geknüpft ist, liegt ja ohnehin so nahe, dass man sich vielleicht vorstellen darf, die während der Secretion untergegangenen Zellen werden in einem Erholungsstadium durch die Zelltheilung der übriggebliebenen ersetzt. In wie fern diese Vermuthung zutrifft und sich mit den Beobachtungen Heidenhain's vereinigt, dürfte eine Arbeit, welche Hr. Dr. Nicolaides im hiesigen Instute unternommen hat, erweisen.

---

[1] Heidenhain in *Handbuch der Physiologie* von L. Hermann. V. 1. S. 201 und 202.

[2] Es ist klar, dass vor der vollständigen Kenntniss der indirecten Kerntheilung, wie wir sie jetzt besitzen, die Deutung der beobachteten Veränderungen an den Kernen der Säugethiere im Sinne der Kerntheilung nicht möglich war. Flemming hat dies hinreichend erörtert.

Untersuchungen über die Nervenzellen der cerebrospinalen Ganglien und der übrigen peripherischen Kopfganglien

mit besonderer Rücksicht auf die Zellenausläufer.

Von

Prof. Gustaf Retzius
in Stockholm.

(Hierzu Tafel XVII—XXII.)

In einer früheren Arbeit[1] habe ich zusammen mit Axel Key eine Darstellung vom Bau der Cerebrospinalganglien im Allgemeinen sowie besonders von der Gestalt und Beschaffenheit ihrer Nervenzellen geliefert. Bei dem Umfange unseres damaligen Forschungsgebietes konnten wir indessen die wichtige Frage vom Verhalten der Zellenausläufer nicht nach Wunsch verfolgen.

Bei den vorliegenden Untersuchungen habe ich mir nun die Aufgabe gestellt, eben diese Frage in etwas weiterem Sinne aufzunehmen und somit die Nervenzellen der cerebrospinalen Ganglien der Rückenmark- sowohl als der Kopfnerven bei den verschiedenen Wirbelthierclassen mit besonderer Hinsicht auf das Verhalten ihrer Ausläufer zu studiren und dabei ebenfalls die Natur der übrigen peripherischen Ganglien des Kopfes zu eruiren.[2]

[1] *Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes.* Zweite Hälfte, erste Abtheilung. Stockholm 1876.

[2] In den *Festschriften,* welche das Carolinische Institut in Stockholm dem Jubiläum der Kopenhagener Universität im Juni 1879 widmete, sowie im *Nord. Med. Arkiv* desselben Jahres wurde diese Abhandlung in schwedischer Sprache theilweise veröffentlicht.

I. Die Ganglien der Spinalnerven.

In Betreff der Geschichte verweise ich auf die in der oben angeführten Arbeit von Key und mir mitgetheilte ausführliche Darstellung. Hier werde ich das wesentlichste der Lehre von den Ausläufern der Nervenzellen kurz recapituliren und nur die Ergebnisse der neuesten Forschungen etwas eingehender wiedergeben.

Die durch Ehrenberg entdeckten Spinalganglienzellen wurden von ihm sowohl als von den zunächst folgenden Forschern in keinen directen Zusammenhang mit Nervenfasern gestellt. Remak suchte zuerst seine organische Fasern — nicht aber die animalen — in Verbindung mit diesen Zellen zu bringen. Nachdem dann Helmholtz gefunden, dass bei den Evertebraten die Ausläufer der Ganglienzellen sich in Nervenfasern fortsetzen, wies Kölliker nach, dass in den Spinalganglien des Frosches, neben apolaren, auch zahlreiche unipolare Zellen vorkommen, deren Ausläufer dunkle Contouren erhalten und in Nervenfasern übergehen. Dann entdeckten Robin — und fast gleichzeitig und unabhängig Rudolph Wagner ebenso wie Bidder — dass bei Fischen diese Nervenzellen bipolar sind, indem von zwei entgegengesetzten Enden derselben eine Nervenfaser ausgeht; dieselben Forscher nahmen an, dass ein gleichartiges Verhältniss bei anderen Vertebratclassen vorhanden sei, und Robin suchte dies später bei Reptilien, Vögeln und Säugethieren darzulegen. Donders und Harting fanden ebenfalls die Nervenzellen meistentheils bipolar. Nach Lieberkühn haben diese Zellen aber nur einen einzigen Ausläufer. Stannius fand sie bei Fischen bipolar und er bezweifelte das Vorhandensein unipolarer Zellen bei diesen Thieren. Nachher schlossen sich einige Forscher der Ansicht von der Unipolarität, andere hingegen der Theorie von der Bipolarität der Zellen an, während noch andere durch die Annahme beider Arten neben einander zu vermitteln suchten. So schloss sich z. B. Polaillon der Ansicht Robins an. Kölliker dagegen nahm an, dass neben zahlreichen unipolaren auch bipolare und sogar drei- und vierstrahlige Zellen vorkommen. Fraentzel und Courvoisier fanden nur einen Nervenausläufer an jeder Zelle; der letztere nahm aber auch eine Art apolarer Zellen wahr, u. s. w. Schwalbe sah bei Säugethieren, Vögeln und Reptilien unipolare Zellen; ebenso Stieda. Nach Schmidt haben die Zellen der Spinalganglien einen gröberen, in eine Nervenfaser sich fortsetzenden Ausläufer und zahlreiche feinere, welche Verbindung mit anderen Nervenzellen bilden. Nach Arndt sind diese Zellen bei allen Thierclassen wenigstens bipolar, während indessen die beiden Ausläufer von der Zelle neben einander ausgehen; er nimmt aber auch das Vorhandensein multipolarer und apolarer Zellen an. Axel Key und ich hatten uns schon früher für die Unipolarität der Spinal-

ganglienzellen bei Batrachiern und Säugethieren ausgesprochen. Schramm, welcher immer mehr die mit Ausläufern versehenen Zellen über die apolaren überwiegend gefunden, sah die unipolaren vorherrschen, während die Anzahl der bipolaren von den apolaren übertroffen wurde. Nach Thanhoffer endlich sind die Zellen uni-, bi- und multipolar u. s. w.

Die Angaben und Ansichten von den Ausläufern der Nervenzellen der Spinalganglien schwebten also lange Zeit hin und wieder, ohne dass die Lehre von ihnen einen sicheren Fussboden gewinnen und sicher vorwärts gehen konnte. Im Allgemeinen hatte man jedoch diese Ausläufer — sei es, dass sie von uni-, bi- oder multipolaren Zellen ausgingen — als wirkliche Nervenfaserursprünge, also als Nervenfasern aufgefasst. Zu gleicher Zeit wechselten auch die Ansichten über den Verlauf dieser Nervenfasern in dem Ganglion und ausserhalb desselben, wie im Ganzen betreffs des Verhaltens der ins Ganglion eintretenden Nervenwurzeln zu diesen Zellen. In dieser Hinsicht standen für die Speculation mehrere Wege offen, und dies grösstentheils je nach den verschiedenen Ansichten von der Anzahl der Ausläufer der einzelnen Zellen. Ein Theil derjenigen Forscher, welche (meistens auf Untersuchungen bei Fischen gefusst) die Bipolarität der Zellen annahmen, z. B. Rudolph Wagner und Johannes Müller, sprachen sich fast entschieden für die Ansicht aus, dass alle die vom Rückenmark in die Ganglien eintretenden Nervenfasern in Verbindung mit je einer Nervenzelle standen; Andere hingegen, z. B. Bidder, erklärten, dass nur ein kleiner Theil der in den hinteren Wurzeln enthaltenen Fasern solche Verbindungen mit Nervenzellen einzugehen scheinen.

Für die Forscher aber, welche hauptsächlich durch Studien an den Ganglien der höheren Wirbelthiere, und besonders der Säuger, gesinnt waren, die Unipolarität der Nervenzellen anzunehmen, waren eigentlich drei Theorien möglich. Entweder konnten die von diesen Zellen ausgehenden Nervenfasern alle vom Ganglion zu den Centralorganen (Rückenmark und Gehirn) oder alle nach den peripherischen Theilen, oder auch theilweise nach beiden Seiten verlaufen; in einem Paar von diesen Fällen wäre aber noch zu entscheiden, in wie weit alle die von den Centralorganen und der Peripherie ins Ganglion eintretenden Nervenfasern in Verbindung mit Nervenzellen ständen. In dem letzten der drei Fälle könnte ja dies geschehen; in den beiden zuerst angedeuteten dagegen möchte entweder ein Theil der Fasern schlingenförmig gebogen auf demselben Wege, auf dem sie eintraten, wiederkehren, oder auch könnte ein Theil von ihnen mit den Zellenausläufern aus dem Ganglion austreten, sei es, dass die letzteren nach dem Centralorgane oder nach der Peripherie hin gingen. Endlich könnten auch in dem zuletzt angeführten Falle, da ein Theil der Zellenausläufer centralwärts, ein anderer nach der Peripherie ginge, eintretende Nervenfasern das

Ganglion nur durchlaufen, indem sie mit der Nervenwurzel ein- und mit einem peripherischen Zweige austräten.

Zwischen diesen Möglichkeiten haben nun in der That die Ansichten der verschiedenen Forscher gewechselt. Einige haben dabei vornehmlich auf Annahmen und Speculationen gefusst. Andere haben ihre Auffassung auf wirkliche Beobachtungen gestützt, und diese lelzteren will ich hier kurz anführen. Bidder und Volkmann kamen durch directes Rechnen der in die Ganglien ein- und austretenden Nervenfasern zu dem Ergebnisse, dass die Summe der austretenden grösser ist als die Summe der eintretenden, und sie zogen daraus den Schluss, dass in den Ganglien eine Vermehrung der Nervenfasern stattfindet, dass diese Ganglien also Ausgangsstellen für Fasern bilden, welche nicht aus dem Centralorgan stammen. Inwieweit aber diese Vermehrung von dem Entspringen der Fasern aus Nervenzellen herrühre oder nur durch schlingenförmige Umbiegungen oder durch andere unbekannte Verhältnisse verursacht sei, fanden sie sich genöthigt, unentschieden zu lassen. Kölliker nahm auf Grund von Untersuchungen an den Sacral- und Coccygealganglien von Menschen und kleinen Säugethieren einen bestimmteren Standpunkt ein. Die sensiblen Wurzeln treten nach ihm in keine directe Verbindung mit Nervenzellen, sondern laufen ganz einfach in grösseren oder kleineren Bündeln durch das Ganglion, um an der entgegengesetzten Seite wieder zu einem Stamme sich anzusammeln; und er fügt hinzu, dass er bei Säugethieren einzelne Fasern durch das ganze Ganglion zu verfolgen vermocht hat; die Fasern der Nervenwurzeln zeigen keine Eigenthümlichkeit; er nahm, trotz seines Suchens, keine Theilungen an den Fasern wahr. Die von den (unipolaren) Nervenzellen auslaufenden Fasern, „die Ganglienfasern," gehen grösstentheils, vielleicht alle, nach der Peripherie hin, schliessen sich den durchtretenden Nervenwurzelfasern an und verstärken dieselben; hierdurch entsteht eine Vermehrung in der Zahl der austretenden Fasern, welche Kölliker auch durch directe Messung des aus dem Ganglion austretenden Nervenstammes im Verhältniss zu dem eintretenden darzulegen suchte.

Schwalbe[1] kam durch seine Arbeiten zu ähnlichen Ergebnissen. „Die einzig natürliche und durch alle Beobachtungen gestützte Annahme ist die, dass man im Spinalganglion zwei völlig getrennte Fasersysteme zu unterscheiden hat: 1) das System der durchtretenden sensiblen Fasern, 2) das System der aus den Spinalganglienzellen entspringenden Fasern, die ich nach dem Vorgange von Axmann als gangliospinale bezeichne, und dass letztere sämmtlich in peripherischer Richtung sich den ersteren anschliessen und früher oder später mit ihnen innig mischen zu einem

[1] *Archiv f. mikrosk. Anatomie.* 1868. Bd. IV.



gemeinsamen Nervenstamm." Hierin sah Schwalbe zugleich den Grundriss des Baues sämmtlicher Spinalganglien der Wirbelthiere von den Amphibien an aufwärts. Durch directe Messung (bei Eidechsen) fand er auch den austretenden Stamm bedeutend grösser als den eintretenden.

Arndt, welcher, wie oben erwähnt, die Nervenzellen der Spinalganglien der höheren Wirbelthiere als wenigstens bipolar ansah, liess jedoch beide zu Nervenfasern werdenden Zellenausläufer nach der Peripherie hin verlaufen und äusserte sich deswegen auch für eine Faservermehrung. Endlich ist Holl[1] durch directe vergleichende Zusammenrechnung der Nervenfasern in den ein- und austretenden Nervenstämmen beim Frosch und der Katze zu dem Ergebnisse gekommen, dass in den Ganglien keine oder wenigstens eine äusserst geringe Vermehrung der Fasern stattzufinden scheint; er zog daraus ebenfalls den Schluss, dass die Nervenwurzelfasern während ihres Verlaufes durch die Ganglien zu Nervenzellen anschwellen, welche also bipolar seien, d. h. keine andere speciell zur Wurzel oder zu dem peripherischen Nervenstamme verlaufende Fasern abgeben; er betrachtet mithin die Ansicht als widerlegt, nach welcher es unipolare oder multipolare Nervenzellen gäbe, welche Nervenfasern nach der Peripherie hin sendeten.

Es giebt aber noch eine Möglichkeit zur Vermehrung der Nervenfasern in den Spinalganglien, und dies gewissermaassen unabhängig von den Nervenzellen, nämlich durch Theilung der Nervenfasern selbst während ihres Verlaufes durch das Ganglion. Schramm hat ja schon in seiner Abhandlung,[2] welche mir leider im Original nicht zugänglich war, auf diese Möglichkeit hingewiesen.

Bei einer genauen Durchmusterung der Literatur findet man in der That, wie neulich von Freud[3] nachgewiesen wurde, mehrere Angaben über Theilungen von Nervenfasern in den Spinalganglien. Schon Rudolph Wagner[4] glaubt solche gesehen zu haben. Während hingegen Kölliker[5] vergebens nach ihnen suchte, sagt Remak,[6] dass er sie gefunden hat; er äussert: „Andererseits finde ich in den Spinalganglien der Säugethiere (des Rindes) nicht selten Theilungen dunkelrandiger Nervenfasern, die ich bei

[1] Ueber den Bau der Spinalganglien. *Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wissensch.* 1875. Bd. 72.

[2] *Neue Untersuchungen über den Bau der Spinalganglien.* Würzburg 1864; angef. nach Freud. Es ist mir trotz mehrfacher Versuche nicht gelungen, diese Abhandlung im Original zu erhalten.

[3] Ueber Spinalganglien und Rückenmark des Petromyzon. *Sitzungsber. der K. K. Akad. d. Wissensch.* 1878. Bd. 78.

[4] *Neurologische Untersuchungen.* 1854.

[5] *Handbuch der Gewebelehre des Menschen.* 1859, 1863, 1867.

[6] *Bericht über d. zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen d. K. preuss. Akademie zu Berlin.* 1854.

Plagiostomen vermisse." Siegmund Mayer fand derartige Theilungen in den Spinalganglien des Frosches, denn er sagt:[1] „Doch muss ich bemerken, dass ich aus den Spinalganglien von Rana solche Theilungen unzweifelhafter Weise an isolirten Nervenfasern, die mit Ueberosmiumsäure tingirt waren, beobachtet habe."

Aber nicht nur eine Theilung von Nervenfasern im Allgemeinen hat man wahrgenommen. Aus der Literatur geht hervor, dass man sogar eine Theilung der Ausläufer der Nervenzellen selbst gefunden hat. Schon im Jahre 1851 sah Stannius[2] in einem Spinalganglion eines siebenmonatlichen Embryo, neben einigen bipolaren und apolaren Zellen, die Mehrzahl von ihnen unipolar und an einer der letzteren eine Theilung des Ausläufers in zwei Schenkel. Ferner sah er in einem Spinalganglion eines beinahe ausgetragenen Kalbsfoetus neben unipolaren und apolaren auch zahlreiche bipolare Zellen, deren beide Ausläufer nahe aneinander ausgingen; in demselben Ganglion kamen drei Fälle von Theilung an Ausläufern unipolarer Zellen in zwei Schenkel vor. Rudolph Wagner[3] scheint ähnliche Beobachtungen gemacht zu haben. Remak[4] hielt eine derartige Theilung für wahrscheinlich. Endlich hat Schramm[5] in folgender Weise Theilungen der Ausläufer unipolarer Zellen beschrieben: „Mit wenigen Ausnahmen theilten sich alle Fortsätze nach kürzerem oder längerem Verlauf. Der eine Ast übertraf bisweilen den anderen um das Doppelte an Breite. Der Fortsatz der unipolaren Zellen ging fast nur dichotomische Theilungen ein, von beiden Theilungsästen verästelte sich der andere nochmals in derselben Weise."

Aus diesen Anführungen geht also hervor, dass in den Spinalganglien Theilung sowohl an einzelnen Nervenfasern als auch an Ausläufern der Nervenzellen hin und wieder in der Nervenliteratur erwähnt worden ist. Aber diese zerstreuten Angaben kommen so mit anderen Angaben von bipolaren Nervenzellen, multipolaren Nervenzellen u. s. w. vermischt vor, dass man sie kaum oder gar nicht bemerkt, noch weniger sie als glaubwürdig angenommen hat, um so viel mehr als der prüfende Kölliker eine derartige Theilung nicht wahrnehmen konnte. Vor der Einführung der Ueberosmiumsäure in die Technik der Nervenhistologie war es aber auch mehr als schwierig, mit etwaiger Sicherheit derartige Theilungen in den Ganglien wahrzunehmen.

---

[1] *Archiv f. Psychiatrie.* 1876. Bd. VI.

[2] Neurol. Erfahrungen. *Göttinger Nachrichten.* 1851.

[3] A. a. O.

[4] A. a. O.

[5] A. a. O. (angef. nach Freud).

[6] *Comptes rendus hebd. d. séances de l'Académie des Sciences.* T. LXXXI, No. 25 (20. Décembre 1875). Paris 1875.

Es war gewiss von nicht geringer Bedeutung, als Ranvier[6] vor einigen Jahren, wie es scheint ohne seine betreffenden Vorgänger zu kennen, in den Spinalganglien des Kaninchens, nach Injection von 2 $^0/_0$ Ueberosmiumsäure, diese Bildung an den von den Nervenzellen auslaufenden Nervenfasern wieder entdeckte und sie unter dem Namen „Tubes nerveux en T" genauer beschrieb. „In der That," sagt er, „mit Hülfe der von mir angegebenen Methode habe ich eine schmale Nervenfaser sehen können, an deren einem Ende eine Nervenzelle sich fand, und deren anderes Ende in eine Faser der sensorischen Wurzel überging. Diese letztere Faser setzt einfach ihren Verlauf gradlinig fort und empfängt an einer Einschnürungsstelle die aus der Nervenzelle kommende Faser. In dieser Einschnürung, welche mithin für drei interannuläre Segmente gemeinsam ist, findet eine vollständige Verschmelzung der beiden Nervenfasern statt, welche in ihrem Verhalten die Anordnung des Buchstaben T wiedergeben." — „Es ist," sagt er ferner, „unmöglich zu sagen, ob alle von den Nervenzellen auslaufenden Nervenfasern beitragen, Tubes en T zu bilden; wenn man aber eine sensorische Nervenwurzel in der Nähe ihres Spinalganglions zerzupft, findet man eine so grosse Anzahl von diesen Tubes en T, deren Arme zufolge der Isolirungsmethode in verschiedener Entfernung abgerissen wurden, dass man anzunehmen berechtigt sein dürfte, dass fast alle — wenn nicht sogar alle — Nervenzellen zu den Nervenfasern der hinteren Wurzel in einem gleichartigen Verhältnisse stehen." Wahrscheinlich ist jedoch nach Ranvier dieses Verhältniss nicht so einfach. Unter den T-Stellen findet man eine bedeutende Anzahl, wo die drei Arme grob sind und unter sich gleiche Breite zeigen. „Da nun der zur Nervenfaser werdende Ausläufer bei seinem Abgange von der Nervenzelle viel schmäler ist, so ist es," sagt Ranvier, wahrscheinlich, dass die Faser, welche wir bei der Verschmelzung mit der sensorischen Nervenfaser sehen, durch Vereinigung von mehreren Zellenausläufern = Nervenfasern entsteht."

Diese Mittheilung Ranviers kam Key und mir zu Gesicht, als wir mit der Herausgabe unserer eigenen Untersuchungen[1] beschäftigt waren. Wir hatten uns bisher nicht besonders die Aufgabe gestellt, die Zellenausläufer in ihrem weiteren Verlaufe zu verfolgen, sondern in dieser Frage uns mit dem sicheren Nachweise der Unipolarität der Nervenzellen der Spinalganglien bei Batrachiern und Säugethieren, auch dem Menschen, befriedigt, wobei wir gefunden, dass der Ausläufer in eine mit Myelinscheide versehene Nervenfaser überging, während wir bei den Knochenfischen bipolare sowohl als unipolare, bei den Cyklostomen aber bipolare Zellen in solcher Menge fanden, dass wir meinten, sie als normale erklären zu können,

[1] A. a. O.



ohne doch das Vorkommen der unipolaren Zellen ganz verneinen zu wollen. Wir widmeten aber nun dem fraglichen Gegenstande eine besondere Untersuchung und es gelang uns insofern die Beobachtungen Ranviers zu bestätigen, dass wir in den cerebrospinalen Ganglien des Kaninchens die betreffenden Theilungsstellen wiederfanden und einmal einen Zellenausläufer zu dessen „Verschmelzung“ mit einer anderen Nervenfaser bei einer gemeinsamen Einschnürung verfolgen konnten. Die Verschmelzung schien uns aber keinen ganz so reinen Charakter eines T zu haben; sehr oft bildeten die zwei Arme einen spitzen Winkel und besonders ihre Axencylinder schienen gleichsam den dritten zu bilden. Bei der eben erwähnten Nervenzelle zeigte sich der Axencylinder des von ihr abgehenden Ausläufers an der Einschnürung gleichsam durch Verschmelzung aus denen der übrigen beiden Arme gebildet, oder, wenn man so sagen will, der Axencylinder des Zellenausläufers theilte sich hier in die beiden anderen. Aus unserer Abbildung geht ferner hervor, dass die Ausläuferfaser während ihres Verlaufes von der Zelle zur Vereinigungsstelle an Breite wächst; alle drei Arme können übrigens verschiedene Breite haben. Die Vereinigung tritt ferner keineswegs immer an der ersten Einschnürung ein, sondern wir konnten den Ausläufer mehreren solchen Stellen vorbei verfolgen, ohne eine Vereinigungsstelle zu finden. Ob nun alle von den Centralorganen kommenden Nervenfasern der sensorischen Wurzeln in dieser Weise Ausläufer der Nervenzellen aufnehmen, konnten wir nicht entscheiden; die nicht besonders grosse Anzahl der Vereinigungsstellen schien uns dagegen zu sprechen. Beim Menschen gelang es uns dann aber nicht, die also beim Kaninchen wahrgenommenen Verhältnisse wiederzufinden.

Es bleibt aber noch ein wichtiges Glied in der Geschichte der spinalen Nervenzellen zu erwähnen übrig. Vor zwei Jahren veröffentlichte Sig. Freud Untersuchungen über die Spinalganglien des Petromyzon, welche geeignet sind, über mehrere der hier berührten schwierigen Fragen Licht zu werfen. Es gelang ihm bei diesem Thiere durch eine vereinigte Behandlung mit Goldchlorid und Salzsäure ganze Spinalganglien zu isoliren, in welchen er die Nervenfasern von der Rückenmarkswurzel durch das Ganglion in die Zweige hinaus verfolgen, ihr Verhalten zu den Nervenzellen wahrnehmen und die Ausläufer der letzteren in ihrem Verlaufe beobachten konnte. Die meisten von diesen Nervenzellen sind rein bipolar mit einem Ausläufer nach dem Centrum der Wurzeln und einem nach der Peripherie hin, ohne Verbindung mit den Ausläufern der übrigen Zellen; zuweilen gehen aber die beiden Ausläufer von der Zelle dicht bei einander ab, und dann kommen nach Freud auch sparsame unipolare Zellen vor, deren Ausläufer früher oder später sich in zwei theilt, um einen Ast nach dem Centrum und einen nach der Peripherie zu senden. Diese unipolaren Nervenzellen, den von

Ranvier beim Kaninchen beschriebenen ähnlich, sind nach Freud durch verschiedene Uebergangsformen mit den rein oppositipol-bipolaren verbunden. Ausserdem sah Freud mit Sicherheit Wurzelfasern, die das Ganglion ohne Verbindung mit den Nervenzellen, nach der Peripherie hin durchliefen und andere, die von einem peripherischen Nervenzweige im Ganglion schlingenförmig in einen anderen Zweig übergingen.

Die angeführten Untersuchungen ermuthigen zu erneuten Studien über den Bau der Spinalganglien. Hier sind aber verschiedene Wege einzuschlagen, sei es, dass man die hoffnungsvollen Forschungen Freud's bei den niederen Thieren fortsetzen, oder dem viel Geduld erfordernden Studium der Ganglien der höheren Thiere, welche bis jetzt nur nach Zerzupfen sich untersuchen lassen, sich widmen will. Ich habe diesmal, als Fortsetzung früherer Studien, vorzüglich die letztere Richtung gewählt. Die Schwierigkeit derartiger Untersuchungen dürfte wohl zum Theil entschuldigen, wenn ich nicht so weit gekommen bin, als es zu wünschen wäre.

Unter den Fischen untersuchte ich besonders folgende: von den Cyclostomen Myxine glutinosa, von den Elasmobranchiern den Acanthias vulgaris, von den Dipnoi den Protopterus annectens. Von Batrachiern wurde der Frosch (Rana esculenta), von den Reptilien der Trionyx subplanus und die Vipera rhinoceros, von Vögeln das Huhn (Gallus domesticus) untersucht; von Säugethieren endlich die Ratte (Mus decumanus) und das Kaninchen, die Katze, der Hund und der Mensch. Die Methode war Behandlung mit Ueberosmiumsäure ($^1/_4$—$1^0/_0$), bei grösseren Ganglien mittelst Stichinjection, bei kleineren durch Eintauchen derselben in die Säure und vorsichtige Zerzupfung in ihr während der Einwirkung. Dann wurden die zerzupften und hinreichend erhärteten Präparate schnell in Beale'sches Carmin gebracht. Ausserdem wurden auch Bichromas kalicus und Chromsäure in Lösungen verschiedener Stärke, sowie auch die Freud'sche Behandlung mit Goldchlorid und Salzsäure angewandt.

Hier gehe ich nicht auf die Beschreibung vom Bau der Nervenzellen selbst ein, sondern verweise auf die oben angeführte Arbeit von Key und mir. Nur bei besonders beachtenswerthen Verhältnissen wird hier darüber gesprochen werden.

Bei Myxine glutinosa versuchte ich mehrmals die von Freud angegebene Methode. Ich fand aber nur bipolare Nervenzellen, gewöhnlich mit aneinander mehr oder weniger nahe entspringenden Ausläufern; keine unipolare Zellen wurden von mir gesehen. Dieselbe Erfahrung erhielt ich bei Zerzupfung der mit Müller'scher Lösung oder Ueberosmiumsäure erhärteten Ganglien. Ich will jedoch die Möglichkeit des Vorkommens solcher unipolaren Zellen bei Myxine gar nicht verneinen, obwohl sie mir bis jetzt entgangen sind.

Bei Protopterus annectens, dem bekannten afrikanischen Lepidosiren, von welchem ich ein lebendes Exemplar in London bekam, fand ich in den Spinalganglien ebenfalls bipolare Nervenzellen, deren beide Ausläufer oft einander genähert waren; sie hatten denselben Bau wie die des Ganglion semilunare trigemini (Taf. XX, Figg. 1, 2); bemerkenswerth ist die bedeutende Grösse der Kerne, sowohl des Nervenzellenkernes als derjenigen der Kapsel; an den Ausläufern tritt die Myelinscheide erst in einiger Entfernung von der Zelle auf.

Bei dem Haie, Acanthias vulgaris, konnte ich in den Spinalganglien mit Sicherheit nur die längst bekannten bipolaren Nervenzellen sehen; es blieben aber immer solche übrig, bei denen eine Unipolarität möglich wäre, die aber nicht sicher zu entscheiden war.

Beim Frosch (Rana esculenta) enthalten die Spinalganglien Nervenzellen von sehr verschiedener Grösse (Taf. XVII, Figg. 1—4); die mittelgrossen sind die zahlreichsten. In der Regel findet man an einer Seite der Zellen eine Ansammlung von Kernen, die von feinkörnigem, oft mit grossen Pigmentkörnern versehenem Protoplasma umgeben sind. An dieser Stelle, wo die Protoplasmamasse der Nervenzellen selbst gewöhnlich abgeplattet ist, entspringt der Ausläufer, dringt, oft unter etwas spiraligem Verlaufe, durch das eben erwähnte feinkörnige Protoplasma und zwischen dessen Kerne, worunter ein Theil von ihnen sich gewissermaassen mit dem Ausläufer herausstülpen, indem letzterer den mehr oder weniger kugeligen Zellenkörper verlässt, um den eigentlichen freien Ausläufer oder die abgehende Nervenfaser zu bilden. An den grössten und den mittelgrossen Nervenzellen nimmt der Ausläufer, welcher stets nur ein einziger ist, kurz nachdem er die Nervenzellenkapsel verlassen hat, eine deutliche Myelinscheide an, während die Zellenkapsel sich ausbiegt und eine Schwann'sche Scheide bildet sowie der Zellenausläufer selbst in den Axencylinder unmittelbar übergeht und ihn bildet. Die in dieser Weise entstandene Ausläufer-Nervenfaser verhält sich dann seinem Baue nach vollständig wie eine myelinhaltige Nervenfaser. Nach kurzer Strecke findet man an ihr einen ovalen Kern an der Innenseite der Schwann'schen Scheide und dann nach etwa ebenso weitem Verlaufe jenseits des Kerns eine Einschnürung. Sehr oft findet man nun die Nervenfaser abgerissen oder in ihrem weiteren Verlaufe jenseits dieser Einschnürung durch andere Nervenfasern verborgen. Hie und da vermag man jedoch eine solche Nervenfaser durch zwei oder drei Einschnürungsstellen verfolgen, ohne das spätere Schicksal derselben eruiren zu können. An dem Ausläufer einer mittelgrossen Nervenzelle gelang es mir jedoch unter der grossen Menge, welche unter meinen Augen vorbei passirten, das von mir gesuchte Verhalten zu finden (Taf. XVII, Fig. 1); schon bei der ersten Einschnürung ging diese Ausläufer-Nervenfaser mit einer anderen myelin-

haltigen Nervenfaser Verbindung ein, ganz so, wie es Ranvier beim Kaninchen gefunden und Key und ich wiedergefunden hatten. Die drei Arme dieser Vereinigung bildeten hier gleich grosse Winkel mit einander und gingen ziemlich gerade, ein jeder nach seiner Seite von der gemeinsamen Einschnürungsstelle fort. Wie der Axencylinder an dieser Einschnürungsstelle sich verhielt, liess sich nicht deutlich entscheiden. Bei sorgfältigem Zerzupfen der Spinalganglien des Frosches zugleich mit ihrer sensiblen Wurzel habe ich eine grosse Anzahl myelinhaltiger Nervenfasern mit Theilungsstellen getroffen (Taf. XVII, Figg. 5, 6), welche den in den Spinalganglien des Kaninchens gefundenen vollständig ähnlich waren. Sie waren zuweilen wie Blutegelbisse gestaltet, mit etwa gleich grossen Winkeln zwischen den drei von der gemeinsamen Einschnürungsstelle ausgehenden Armen; zuweilen lagen zwei Arme mit spitzen Winkeln nahe oder sogar dicht neben einander und setzten ihren Verlauf eine kleinere oder grössere Strecke in derselben Richtung fort. Bald waren alle diese drei zusammentreffenden Nervenfasern von gleicher Breite; bald waren zwei, oder noch öfter nur eine schmäler. Die Myelinscheiden erweiterten sich oft und endeten dann zugespitzt in der Nähe der Einschnürung der Schwann'schen Scheide. Die Axencylinder zeigten oft unzweideutig die von Key und mir bei den Spinalganglien des Kaninchens geschilderte Anordnung; der Axencylinder der einen Faser theilte sich nämlich etwas vor der Einschnürungsstelle in zwei Arme und sandte sie, je einen in die beiden Nervenfasern um ihre Axencylinder zu bilden. Dies Verhältniss scheint mir von besonderer Bedeutung zu sein, um so viel mehr als es auch bei den übrigen Wirbelthierclassen oft vorkommt.

In wieweit nun alle diese in den Spinalganglien des Frosches vorkommenden Vereinigungs- oder, wie ich sie lieber nenne, Theilungsstellen Ausläuferfasern der Nervenzellen angehören, ist in der That schwer sicher zu entscheiden, so lange man nicht ohne Zerzupfung die einzelnen Nervenfasern in den Ganglien verfolgen kann. Es ist ja möglich, dass ein Theil von ihnen wirklichen Theilungsstellen der vom Rückenmark kommenden Fasern entspricht, wie es Freud beim Petromyzon gezeigt hat. Die vollständige Uebereinstimmung dieser Bildungen mit denen, welche man, obwohl in Folge der Schwierigkeit der Präparation nur selten, in unmittelbarem Zusammenhang mit Ausläufern der Nervenzellen findet, deutet jedoch als höchst wahrscheinlich an, dass wenigstens ein Theil derselben Theilungsstellen solcher Ausläufer entspricht. Jedenfalls ist es von grossem Interesse, dass solche Theilungsstellen an den Nervenfasern der Spinalganglien des Frosches vorkommen und sogar recht oft gefunden werden. An einem Theil der Ausläufer der mittelgrossen Nervenzellen tritt die Myelinscheide nicht in der Nähe der Nervenzelle, sondern erst in etwas

weiterer Entfernung davon, auf. Hierdurch wird in dieser Hinsicht ein Uebergang zu den kleineren und kleinsten Nervenzellen gebildet. An diesen letzterwähnten (Taf. XVII, Figg. 3, 4) vermag man, auch wenn es gelingt, den Ausläufer eine weitere Strecke zu verfolgen, keine Myelinscheide wahrzunehmen, sondern er behält fortwährend das Aussehen einer blassen myelinfreien Nervenfaser, so weit man ihn verfolgen kann; dies schliesst jedoch nicht die Möglichkeit aus, dass auch diese Ausläufer später Myelinscheide bekommen; durch eine derartige Annahme könne man eine Deutung der ziemlich zahlreichen, schmalen myelinhaltigen Nervenfasern erhalten, welche in den Spinalganglien und ihren Nervenzweigen angetroffen werden. Einmal sah ich einen solchen blassen Ausläufer sich in zwei theilen (Taf. XVII, Fig. 4), indem er einen schmäleren Zweig absandte, welcher unter spitzem Winkel von dem breiteren Zweige abging. Möglicherweise könnte man eine solche Theilung als derjenigen der myelinhaltigen Ausläufer homolog betrachten; mir erscheint dieses nicht unwahrscheinlich.

In Betreff der viel besprochenen Frage vom natürlichen Vorkommen apolarer Nervenzellen wurde ich immer mehr davon überzeugt, dass solche Zellen nicht vorhanden sind. Je genauer ich das Studium der Ganglien verfolgte, um so seltener kamen mir solche Zellen vor, und fast immer vermochte ich das an der Zelle noch befindliche Stück des abgerissenen Ausläufers wahrzunehmen. Besonders ist hier hervorzuheben, dass das eben Gesagte vor Allem von der kleinsten Art der Nervenzellen gilt, welche früher am meisten als apolare verdächtigt waren. Für das Studium dieser Verhältnisse ist es indessen sehr wichtig, eine gewisse, nicht zu starke Erhärtung des Untersuchungsmateriales zu erhalten.

Von Reptilien untersuchte ich, wie oben erwähnt, eine Schildkröte, Trionyx subplanus, und eine Schlange, Vipera Rhinoceros. Bei Trionyx fand ich in den Spinalganglien unipolare Nervenzellen (Taf. XX, Fig. 6), deren einziger Ausläufer, ohne beim Abgange Windungen zu bilden, eine weite Strecke blass und myelinfrei verlief, aber in eine von der Zellenkapsel gebildete, in gewissen Entfernungen Kerne führende Schwann'sche Scheide eingeschlossen, um etwas später jedoch eine Myelinscheide zu bekommen. Ich vermochte indessen solche Ausläufer nie bis zu einer Theilung zu verfolgen. Dagegen fand ich mehrmals in den Ganglien Theilungen anderer Nervenfasern (Taf. XX, Figg. 7, 8, 9), welche möglicherweise abgerissene Ausläfer waren. Wie man an diesen Theilungen sieht, endet die Myelinscheide ziemlich weit von der Theilungsstelle und eine Einschnürung ist an den Nervenfasern kaum oder nur schwach angedeutet. In den Spinalganglien der Vipera traf ich unipolare Nervenzellen von ganz derselben Beschaffenheit, wie bei Trionyx, indem der mit kernhaltiger Scheide versehene Ausläufer erst in ziemlich weiter Entfernung von der

Zelle eine Myelinscheide bekam; ich vermochte keine Theilung dieser Ausläufer aufzufinden, wohl aber Theilungen myelinhaltiger Nervenfasern (Taf. XX, Fig. 11).

Beim Huhn fand ich dann Verhältnisse, die mit den der Reptilien vollständig übereinstimmten. Ich sah nämlich, dass die Nervenzellen stets unipolar waren und dass deren Ausläufer, ohne Windungen beim Abgang von der Zelle zu bilden, in eine, in gewissen Entfernungen Kerne führende, dünne Scheide eingeschlossen waren, erst ziemlich weit von der Zelle eine Myelinscheide bekamen und als myelinhaltige Nervenfasern sich verhielten (Taf. XVII, Figg. 12, 13). Ich vermochte solche Zellenausläufer an zwei, drei oder mehr Einschnürungsstellen vorbei zu verfolgen; es gelang mir bis jetzt aber nie, Theilungsstellen an denselben zu sehen. Dagegen sah ich manche isolirte Theilungen myelinhaltiger Nervenfasern (Taf. XVII, Figg. 16—18). Endlich fand ich auch viele kleinere Nervenzellen, deren einziger Ausläufer, unter weiterer Strecke beobachtet, fortwährend blass blieb (Taf. XVII, Figg. 14, 15), ohne Spur von Myelinscheide; diese Ausläufer ähnelten viel myelinfreien Nervenfasern, in ziemlich weiten Entfernungen rundlich-ovale, oft von kleinen glänzenden Körnchen umgebene Kerne führend; hier sei jedoch nicht gesagt, dass diese Ausläufer stets myelinfrei bleiben, im Gegentheil halte ich es für wahrscheinlich, dass sie unter ihrem weiteren Verlaufe eine solche Scheide bekommen. Auch bei diesen Thieren glaube ich immer mehr das Vorkommen apolarer Nervenzellen ausschliessen zu können.

Bei den Säugethieren untersuchte ich, wie oben erwähnt, die Spinalganglien von zwei Nagethieren, zwei Raubthieren und vom Menschen.

In den Spinalganglien der Ratte (Mus decumanus) fand ich eine Reihe von Theilungen myelinhaltiger Nervenfasern, gröberer sowohl als feinerer; diese zeigten dieselben Charaktere, wie die bei den niederen Wirbelthierklassen schon beschriebenen. Es gelang mir aber auch hier nicht, eine getheilte Nervenfaser bis in einen sicheren Zellenausläufer zu verfolgen. Einmal konnte ich doch in Folge des Verhaltens des einen Armes deutlich sehen, dass dieser einem abgerissenen Ausläufer entsprach, weil er von der Theilungsstelle her allmählich sich verschmälerte, ganz in derselben Weise, wie an dem Nervenzellenausläufer (vom Kaninchen) an der Taf. III, Fig. 12 der oben angeführten Arbeit von Key und mir. Die Nervenzellen der Spinalganglien der Ratte sind unipolar; die Ausläufer der grösseren sind mit Myelinscheide versehen und bilden gewöhnlich eine oder mehrere Windungen um die Zelle, ehe sie sich davon entfernen; mehrmals konnte ich dann solche Ausläufer an mehreren Einschnürungen vorbei verfolgen, wie gesagt, ohne eine Theilungsstelle zu erreichen. Vom Vorkommen apolarer Nervenzellen konnte ich mich auch hier nicht überzeugen, sondern immer mehr von dem entgegengesetzten Verhältniss; sogar bei den kleinsten

Nervenzellen vermag man bei sorgfältiger Behandlung einen blassen myelinhaltigen Ausläufer vom Aussehen einer blassen, mit sparsamen ovalen Kernen besetzten Nervenfaser wahrnehmen. Bisweilen legen sich solche Ausläufer zusammen, dicht an einander, gleichsam zu einer breiteren myelinfreien Faser verschmelzend, um aber wahrscheinlich bald wieder zu scheiden.

Beim Kaninchen fand ich in den Spinalganglien sowohl der Cervical-, als der Dorsal- und Lumbarregion ziemlich zahlreiche dichotomische Theilungen von Nervenfasern verschiedener Breite. Theilungen sicherer Nervenzellenausläufer sah ich aber diesmal nicht.

Bei der Katze (Taf. XVIII) fand ich ein gutes Material zur Untersuchung der Spinalganglien und habe ihnen deswegen eingehendere Studien gewidmet. Hier sah ich nicht nur eine grössere Anzahl von Theilungen (Taf. XVIII, Figg. 4—6) myelinhaltiger Nervenfasern verschiedener Breite, sowohl dicke als schmale, deren drei Arme bald blutegelbissförmig von der gemeinsamen Einschnürung abgehen; bald aber legen sich zwei derselben mehr oder weniger zusammen unter spitzem Winkel und in derselben Richtung verlaufend, während der dritte nach entgegengesetzter Seite abgeht; besonders oft liegen solche Theilungen zu zweien beisammen, mit ihren Armen einander kreuzend (Taf. XVIII, Fig. 4). In den Spinalganglien der Katze ist es mir aber auch zweimal gelungen, von den, wie bei den Säugern überhaupt, immer unipolaren Nervenzellen den Ausläufer bis zu einer Theilungsstelle zu verfolgen. An diesen Nervenzellen bildet der früher oder später mit Myelinscheide versehene Ausläufer in der Regel eine oder mehrere Windungen oder Spiraltouren um die Zelle (Taf. XVII, Figg. 1—3), ehe er sie verlässt, um als eine gewöhnliche myelinhaltige Nervenfaser fortzusetzen. Bei und bald nach seinem Abgange von der Zelle ist der Ausläufer mit ziemlich reichlichen, rundlich-ovalen Kernen besetzt. Oft kann man bei diesen Nervenzellen den Ausläufer während der Windungen sich der Zellenkapsel nur auswendig anlegen sehen, ohne dass er nunmehr darin eingeschlossen ist in diesen Fällen hat er somit die Kapselhöhle schon verlassen. Bisweilen, aber seltener, erhält der Ausläufer eine Myelinscheide erst nach kurzem Verlaufe von der Zelle. Man kann ihn dann oft als eine myelinhaltige Nervenfaser an einer, zwei, drei oder mehr Einschnürungsstellen vorbei verfolgen, ohne eine Theilung derselben zu finden, Wie eben erwähnt wurde, gelang es mir indessen zweimal solche Theilungen wahrzunehmen, einmal schon an der ersten, das andere Mal an der zweiten Einschnürungsstelle. Diese beiden Theilungen (Taf. XVIII, Figg. 1, 2) verhielten sich ganz wie die übrigen Theilungen myelinhaltiger Nervenfasern.

In den Spinalganglien des Hundes sah ich zwar mehrmals Theilungen myelinhaltiger Nervenfasern, bis jetzt aber nie in Zusammenhang mit den sonst wie bei der Katze gebauten Ausläufern der unipolaren Zellen.

Den Spinalganglien des Menschen wurden endlich eingehendere Studien gewidmet (Taf. XIX). Es gelang mir nunmehr Theilungsstellen myelinhaltiger Nervenfasern zu finden, und nachdem die Aufmerksamkeit darauf gerichtet wurde, sogar recht zahlreich. Einige solche Theilungsstellen sind an der Taf. XIX, Figg. 4—12 wiedergegeben. Gewöhnlich verhalten sie sich an gröberen Nervenfasern wie die in Fig. 4 sowie 5, 7, 8 dargestellten; eine Faser theilt sich bei einer Einschnürung in zwei Fasern, welche ihren Verlauf eine Strecke neben einander und etwa in der derselben Richtung fortsetzen, um erst dann zu scheiden und nach verschiedener Seite abzugehen; die Schwann'sche und die Myelinscheide verhalten sich hierbei ganz wie bei Nervenfasertheilungen überhaupt; der Axencylinder theilt sich kurz vor der Einschnürungsstelle in zwei Zweige, von denen je einer in die beiden übrigen Faserarme durch dessen Einschnürungshälfte eingeht, um die Axencylinder dieser Fasern zu bilden. Bisweilen ist, wie in Fig. 8, der eine Arm schmäler als der andere; immer fand ich ihn aber mit Myelinscheide versehen, obwohl diese oft, wie in Fig. 6 und 7, durch die Präparation zerbröckelt, sogar nur noch spurweise zurückgeblieben war. Die Theilung erscheint aber nicht immer in dieser Weise; zuweilen findet die Zweitheilung des Axencylinders in der Einschnürung selbst statt; und ausserdem trifft man hier und da Theilungen, welche in der That mehr oder weniger dem Ranvier'schen **T** ähnlich sind, indem der eine Arm in der Richtung der Theilungsfaser fortläuft, während der zweite Arm sogleich unter einem grösseren, zuweilen sogar fast einem rechten Winkel abgeht (Fig. 6). Die schmäleren myelinhaltigen Nervenfasern verhalten sich bei der Theilung etwa in derselben Weise wie die gröberen. Fig, 9 stellt die Theilung einer solchen etwas schmäleren Faser dar; Fig. 11 zeigt die Theilung einer zweiten schmäleren Faser und Fig. 12 die einer dritten von verschiedener Gestalt. In Figg. 9 und 10 sieht man die beiden durch die Theilung entstandenen Arme ihren Verlauf eine Strecke neben einander fortsetzen, wonach sie schnell scheiden, um nach entgegengesetzten Richtungen zu gehen. In Fig. 19 ist es von Interesse, zu sehen, wie sie dann beide sich einem Bündel von Nervenfasern (von denen aber nur einige gezeichnet sind) anlegen, um zusammen mit ihnen in entgegengesetzten Richtungen zu verlaufen. In Fig. 10 gingen die beiden Arme, so weit man sie verfolgen konnte, dicht neben einander weiter fort. In Fig. 12, wo der eine Arm schmäler ist, biegt sich dieser kurz nach dem Abgange in starkem Bogen um, um dann den Verlauf eine Strecke weit dicht neben der Hauptfaser fortzusetzen.

Die soeben angeführten Figuren stellen im Allgemeinen die Verhältnisse dar, welche bei der Theilung myelinhaltiger Nervenfasern in den Spinalganglien des Menschen vorkommen. Indessen gelang es mir auch zweimal,

derartige Theilungsstellen an den Ausläufern der Nervenzellen zu finden. In der Fig. 1 der Taf. XIX habe ich einen solchen Fall abgebildet. Man sieht hier den Ausläufer zuerst blass und dann mit Myelinscheide versehen in kurzen Spiraltouren an der Oberfläche der Nervenzelle sich winden, um dann die Zelle zu verlassen und, in ziemlich gerader Richtung eine Strecke verlaufend, bei der nächsten Einschnürung in zwei Arme sich zu theilen, welche, so weit sie verfolgt werden konnten, dicht neben einander lagen und in derselben Richtung verliefen. In Fig. 2 der Taf. XIX habe ich den zweiten Fall abgebildet. Hier windet sich der mit Myelinscheide versehene Ausläufer in verwickelten Touren um seine Nervenzelle, um sich zuletzt in zwei in entgegengesetzter Richtung verlaufenden Nervenfasern zu theilen. Diese Theilungen der Nervenzellenausläufer sind dem Anscheine nach mehreren der oben angeführten isolirten Nervenfasertheilungen so ähnlich, dass es mehr als wahrscheinlich ist, dass sie derselben Art sind. Die in Fig. 10 gezeichnete Theilung scheint zu beweisen, dass die sich theilende Faser einem Nervenzellenausläufer entsprochen hat; sie konnte zwar am Präparate noch eine Strecke verfolgt werden, tauchte dann in eine Ansammlung von Nervenzellen ein und verschwand unter denselben.

In Betreff der Beschaffenheit der Nervenzellenausläufer erwähne ich hier ein Verhältniss, das ich nicht selten gesehen habe. Schon in Fig. 1 findet man den Ausläufer eine Strecke nach dem Abgange von der Zelle blass und in seiner Umgebung ziemlich reichliche Kerne liegend. Manchmals fand ich solche Ausläufer, wahrscheinlich in Folge von Dehnung bei der Präparation, von der Zelle in gestrecktem Verlaufe, ohne Windungen, ausgehen, und diesen Ausläufern fehlte dann in kürzerer oder längerer Strecke die Myelinscheide; sie waren ziemlich reichlich mit Kernen besetzt und eine genauere Beobachtung zeigte, dass ihre Axencylinder von einer deutlichen Schwann'schen Scheide umgeben waren, sowie dass wenigstens ein Theil der Kerne an der Innenseite derselben lag. Erst nach dem Auftreten der Myelinscheide nimmt der Ausläufer das Aussehen und die Eigenschaften einer gewöhnlichen (myelinhaltigen) Nervenfaser an. Ein ähnliches Verhältniss sah ich auch beim Kaninchen, der Katze und dem Hunde.

II. Die peripherischen Ganglien der Kopfnerven.

1. Ganglion jugulare und Ganglion cervicale (Plexus nodosus) Nervi vagi.

Ueber die Beschaffenheit dieser Ganglien sowie ihrer Nervenzellen finden sich in der Literatur nur vereinzelte Angaben. Bei den Fischen sah man bipolare Zellen von demselben Charakter wie in den Spinalganglien. Bei den höheren Thieren scheint man in dieser Hinsicht keine eingehendere Untersuchungen gemacht zu haben. Die Anatomen geben deswegen theils keine Mittheilung über die Natur der Ganglien, theils sind die Ansichten sehr auseinandergehend. So sagt z. B. Hyrtl vom G. jugulare, dass der Bau mit jenem der Spinalganglien übereinstimmt und dass neue Nervenfasern aus den meist unipolaren Ganglienzellen entspringen, während er von dem Plexus nodosus äussert, dass es ein mit grauer Substanz infiltrirtes Knotengeflecht darstellt. Henle äussert keine bestimmte Meinung von der Natur des Ganglion jugulare vagi, dagegen sagt er vom Plexus nodosus, dass dieser von einer Lockerung des Nerven durch Einlagerung von fetthaltigem Bindegewebe zwischen die verflochtenen Primitivbündel herrührt. Quain's *Anatomy* (7. Edition) spricht nur von einem oberen oder Wurzelganglion und einem unteren oder Stammganglion, ohne einige Ansichten über ihre eigentliche Natur anzugeben. Rüdinger (*Die Anatomie der menschlichen Gehirnnerven*, 1870) lässt in den Plexus nodosus „Ganglien-gruppen eingestreut“ sein. Rauber (*Ueber den sympath. Grenzstrang des menschlichen Kopfes*, 1872) endlich fasst das Ganglion jugulare vagi als Wurzelganglion seines Nerven auf; er verlegt in den Plexus nodosus eine grosse Menge Ganglienzellen und nimmt an, dass dieser Plexus oder, wie er ihn nennt, Ganglion cervicale vagi zu dem System der sympathischen Grenzganglien des Kopfes gehört.

Bei den von mir untersuchten Fischen (aus den Ganoiden, Dipnoi, Elasmobranchiern, Teleostiern) wurden in dem Vagusganglion nur bipolare Nervenzellen mit mehr oder weniger oppositipol angeordneten Ausläufern gefunden.

Von den übrigen Wirbelthierclassen studirte ich die Verhältnisse genauer nur bei den Säugethieren. Bei der Ratte nahm ich in dem Ganglion cervicale Theilungen myelinhaltiger Nervenfasern sowie unipolare Nervenzellen vom Typus der kleineren mit blassen Ausläufern versehenen Nervenzellen der Spinalganglien wahr.

Sowohl im G. jugulare als im G. cervicale der Katze trugen die Nervenzellen denselben Typus wie in den Spinalganglien, d. h. sie waren entschieden unipolar, und ihr einziger Ausläufer ging von der Zelle blass

und oft schlingenförmig oder spiral gewunden ab, wobei er in der Regel seine Myelinscheide erhielt. Dann konnte man ihn als eine gewöhnliche myelinhaltige Nervenfaser an einer oder mehreren Einschnürungen vorbei verfolgen. Es gelang mir hier in der That an einer vollständig isolirten Zelle aus dem G. cervicale, den Ausläufer bis zu einer Theilungsstelle zu verfolgen (Taf. XVIII, Fig. 10); hier ging unter schneller Umbiegung eine schmale myelinhaltige Nervenfaser ab, während der zweite Theilungsarm seinen Verlauf in der Richtung des Ausläufers selbst fortsetzte. Der Axencylinder des Ausläufers theilt sich kurz vor der Theilungseinschnürung in einen breiteren Zweig für den gröberen Arm und einen schmäleren für den feineren. Eine ähnliche Nervenzelle wurde auch aus dem G. jugulare vagi von der Katze wahrgenommen (Taf. XXI, Fig. 1). Ausserdem nahm ich auch in den beiden Vagusganglien der Katze einzelne isolirte Theilungen wahr, welche mir dieselben Charaktere wie die Theilungen der Nervenzellenausläufer zu tragen schienen (Taf. XVIII, Fig. 11, Taf. XVIII, Figg. 3, 4). In einem solchen Falle (Taf. XVIII, Fig. 11) gingen die beiden Arme, von welchen der eine bedeutend schmäler war, eine Strecke dicht neben einander fort, um dann jeder nach seiner Seite hin umzubiegen und in entgegengesetzten Richtungen zu verlaufen; der dritte Arm entsprach hier wahrscheinlich einem abgerissenen Ausläufer.

In dem Ganglion jugulare vagi des Hundes traf ich ähnlich gestaltete Nervenzellen wie bei der Katze. An den grösseren liess sich oft ein von der Zelle gewunden entspringender Ausläufer, mit Myelinscheide versehen, als myelinhaltige Nervenfaser eine Strecke weit verfolgen (Taf. XXI, Fig. 6). In anderen Fällen lief der einzige Ausläufer eine Strecke blass von der Zelle ab (Taf. XXI, Fig. 5), um erst dann Myelinscheide zu erhalten; der so zu einer myelinhaltigen Nervenfaser gewordene Ausläufer theilte sich in diesem Falle bei der nächsten Einschnürung in zwei Arme, deren einer sehr schmal war; neben dieser zuletzt beschriebenen Nervenzelle lag eine blasse Nervenfaser (Fig. 5 *a*), welche sich ebenfalls in zwei theilte; es wäre nicht eben unmöglich, dass auch diese Faser den Ausläufer einer Nervenzelle darstellte, der aber noch keine Myelinscheide bekommen hätte. Ausser diesen grösseren Nervenzellen fand ich zahlreiche kleinere, bei denen unipolare blasse Ausläufer zu sehen waren; von diesen Zellen habe ich in der Fig. 7 der Taf. XXI eine sehr kleine abgebildet. Im Ganglion cervicale vagi habe ich nun auch Nervenzellen derselben verschiedenen Formen gefunden wie im Ganglion jugulare.

In dem Ganglion jugulare und Ganglion cervicale vagi des Menschen zeigten ebenfalls die Nervenzellen dieselben Charaktere wie in den Spinalganglien. Es kommen grössere und kleinere Zellen vor. Bei den grösseren war der einzige Ausläufer zuerst blass, dann mit Myelinscheide versehen,

gewöhnlich um die Nervenzelle oder in deren Nähe sich windend, um sie dann zu verlassen. Einmal ist es mir nun gelungen, aus dem Ganglion cervicale vagi einen solchen Ausläufer bis zu einer Theilungsstelle zu verfolgen. An der Taf. XIX, Fig. 13 habe ich diese Zelle abgebildet, welche mit ihrem Ausläufer in lockeres Bindegewebe eingebettet lag und in ihrer isolirten Lage ungewöhnlich leicht zu beobachten war. Hier bildete der Ausläufer seine Windungen etwas entfernt von dem Nervenzellenkörper. An der siebenten Einschnürung theilte er sich in zwei, ebenfalls myelinhaltige Nervenfasern, von denen eine etwas schmäler als die andere erschien; beide setzten ihren Verlauf neben einander fort — wie weit sie einander folgten, konnte nicht entschieden werden, weil die schmälere nach kurzem Wege abgerissen erschien. Neben diesen grösseren Zellen finden sich zahlreiche kleinere, in Längsreihen zwischen den Nervenfaserbündeln eingeschaltet; diese kleineren haben im Allgemeinen einen blassen Ausläufer, der aber wahrscheinlich später auch eine Myelinscheide bekommt, denn es kommen hier sehr zahlreiche feine myelinhaltige Nervenfasern vor.

Beide Vagusganglien sind also meiner Ansicht nach zu dem cerebrospinalen Gangliensysteme zu rechnen.

2. Ganglion jugulare (superius) und Ganglion petrosum (inferius) N. glossopharyngei.

In Betreff der Ganglien des Glossopharyngeus gehen die Ansichten etwas aus einander. Zwar schreibt man diesem Nerven im Allgemeinen jederseits zwei Ganglien zu; das obere derselben, das von Ehrenritter entdeckte sogenannte Ganglion jugulare, wird aber von den verschiedenen Anatomen als mehr oder weniger unbeständig aufgeführt; Einige konnten es sogar nie finden, Andere sahen es aber stets vorhanden.

Ueber die Natur der beiden Ganglien liegen sehr spärliche Angaben vor; man scheint die Nervenzellen in denselben nicht näher untersucht zu haben. Rauber führt indessen das Ganglion jugulare glossopharyngei als Wurzelganglion dieses Nerven auf, während er das Ganglion petrosum zu dem System der sympathischen Grenzganglien des Kopfes rechnet.

Ich untersuchte die Ganglien des Glossopharyngeus bis jetzt nur beim Menschen; in den von mir beobachteten Fällen waren beide stets vorhanden, nicht mit einander zusammenhängend. In beiden traf ich denselben Bau, weswegen ich sie hier zusammen beschreibe. Zwischen den Nervenfaserbündeln liegen Gruppen von grösseren und kleineren Nervenzellen, von denen die erstere oft durch myelinhaltige Nervenfasern umsponnen sind. Diese Nervenzellen ähneln sehr denjenigen der Spinalganglien. Es gelang mir, eine Reihe derselben zu isoliren und ich fand dann immer nur

einen einzigen Ausläufer, welcher entweder gewunden oder gerade von der mehr oder weniger sphärischen Zelle abging (Taf. XXI, Fig. 8). An den noch in den Kapseln befindlichen Zellen war es aber sehr schwierig, den Verlauf der Ausläufer sicher zu beobachten. Es gelang mir deswegen nicht, die Ausläufer bis zu einer Theilung zu verfolgen. Durch die ganz isolirten Zellen erhielt ich indessen so überzeugende Bilder, dass ich beide Ganglien den cerebrospinalen zurechnen darf.

Indessen scheint mir eine eingehendere Untersuchung des Ganglion jugulare glossopharyngei und des Ganglion petrosum sowohl in Betreff ihrer Nervenzellen, als besonders ihres Vorkommens bei den verschiedenen Thierclassen sehr empfehlenswerth. Vielleicht werde ich bei einer anderen Gelegenheit darauf zurückkommen.

3. Das Ganglion geniculi N. facialis.

Ueber die Natur dieses Ganglion sind ebenfalls verschiedene Ansichten ausgesprochen. Zwar äussern die meisten Anatomen nichts Näheres darüber. Bei Einigen findet man jedoch die Vermuthung, dass hier ein Cerebrospinalganglion vorliege. Nach Rauber ist es aber zweifelhaft, ob es nicht eher zum System der sympathischen Grenzganglien des Kopfes gerechnet werden müsse; eine sichere Entscheidung scheint ihm aber zur Zeit nicht gegeben werden zu können. Eine nähere Untersuchung der Beschaffenheit der Nervenzellen ist meines Wissens bisher nicht ausgeführt.

Eine solche Untersuchung des Ganglion geniculi habe ich nun bei der Katze, dem Hund und dem Menschen gemacht und an den Nervenzellen den Typus derjenigen der Spinalganglien gefunden.

Bei der Katze sah ich den Ausläufer der unipolaren Zellen gewunden und Myelinscheide enthaltend eine Strecke weit verlaufen (Taf. XXI, Fig. 9); es gelang mir aber nicht, an denselben Theilungen wahrzunehmen. Dagegen wurden isolirte Theilungen myelinhaltiger Nervenfasern beobachtet (Taf. XXI, Fig. 12.

Beim Hunde sah ich indessen den zuerst gewundenen, mit Myelinscheide versehenen einzigen Ausläufer sich in zwei Nervenfasern theilen (Taf. XXI, Fig. 10).

Beim Menschen fand ich die Nervenzellen unipolar mit gewundenem myelinhaltigem Ausläufer. Theilungen wurden aber nicht wahrgenommen.

4. Das Ganglion semilunare N. trigemini (Ganglion Gasseri).

Die Ansichten der Anatomen über die Natur des Ganglion Gasseri stimmen im Ganzen unter einander sehr überein. Die, welche darüber sich aussprechen, rechnen es zu den Cerebrospinalganglien (Intervertebral-

knoten des Kopfes). Eine genauere Untersuchung der Nervenzellen scheint aber nicht ausgeführt zu sein.

Ich untersuchte dieses Trigeminusganglion bei Fischen (Cyclostomen, Ganoiden, Teleostiern, Elasmobranchiern, Dipnoi), Batrachiern, Reptilien, Vögeln und Säugethieren. Bei allen trugen die Nervenzellen vollständig denselben Typus wie in den Spinalganglien des fraglichen Thieres.

Bei Myxine glutinosa sah ich hier bis jetzt mit Sicherheit nur bipolare Nervenzellen; so auch bei Acipenser, Esox, Acanthias und Raja, Protopterus. Vom letzterwähnten Fisch habe ich zwei solche Zellen abgebildet (Taf. XX, Figg. 1, 2); an einem sind die beiden Ausläufer einander sehr genähert, ausserdem sind die Kerne sowohl der Nervenzellen als der Kapsel und Ausläufer auffallend gross.

Beim Frosch (Rana esculenta) waren im Trigeminusganglion die Nervenzellen ganz so gestaltet wie in den Spinalganglien. Es gelang mir aber hier nie, den Ausläufer der stets unipolaren Zellen bis zu einer Theilungsstelle, wohl aber einer oder mehreren Einschnürungen vorbei zu verfolgen Taf. XVII, Fig. 7). Dagegen fand ich sehr zahlreiche isolirte Theilungen myelinhaltiger Nervenfasern, von welchen einige hier abgebildet sind (Taf. XVII, Figg. 9—11); sie sind ganz wie die der Spinalganglien gebaut. Ebenfalls sind hier einige der zahlreichen kleineren Nervenzellen mit blassen myelinfreien Ausläufern abgebildet (Taf. XVII, Fig. 8 *a*, *b*, *c*).

Bei den Reptilien (Vipera rhinoceros) fand ich die Nervenzelle ganz wie in den Spinalganglien, weswegen auf das darüber Gesagte verwiesen wird; eine Zelle mit ihrem Ausläufer ist an der Taf. XX, Fig. 10 abgebildet. Ich sah bis jetzt in diesem Ganglion keine Theilungen weder der Ausläufer noch anderer Nervenfasern.

Bei den Vögeln (Gallus dom.) waren ebenfalls die Verhältnisse dieselben wie in den Spinalganglien.

Von Säugethieren untersuchte ich in dieser Hinsicht die Ratte, das Kaninchen, die Katze und den Menschen.

Bei der Ratte fand ich wie in den Spinalganglien unipolare Nervenzellen, deren spiralig gewordene, mit Myelinscheide versehene Ausläufer von mir jedoch nicht bis zu Theilungen verfolgt werden konnten. Isolirte Theilungen von Nervenfasern waren aber mehrfach zu finden.

Beim Kaninchen habe ich, wie oben erwähnt, schon früher mit Axel Key einen Nervenzellenausläufer bis zu einer Theilung verfolgen können.

In dem Ganglion semilunare der Katze wurden Theilungen myelinhaltiger Nervenfasern (Taf. XVIII, Figg. 8, 9) von derselben Beschaffenheit wie in den Spinalganglien des fraglichen Thieres gefunden. Die Nervenzellen boten auch entsprechende Charaktere dar; ihr einziger myelinhaltiger Aus-

läufer konnte oft weit mehreren Einschnürungen vorbei verfolgt werden, ohne dass ich eine Theilung zu treffen vermochte.

Beim Menschen gelang es mir bis jetzt nicht Theilungen von Nervenfasern zu entdecken; noch weniger sah ich Theilungen der Zellenausläufer, obwohl letztere bisweilen bis zur zehnten oder zwölften Einschnürung verfolgt werden konnten. Es unterliegt jedoch keinem Zweifel, dass ein fortgesetztes Studium dieselben Ergebnisse wie in den Spinalganglien liefern wird. In ihnen sowohl wie im Ganglion Gasseri kommt ausserdem eine Menge kleinerer Nervenzellen vor, deren Ausläufer nur wenig um die Zellen sich winden, keine Myelinscheide besitzen und, soweit ich folgen konnte, ihre blasse Beschaffenheit behalten; möglicher oder sogar wahrscheinlicher Weise erhalten auch sie später eine solche Scheide. In der Taf. XIX, Fig. 3 habe ich vom Ganglion Gasseri ein Paar derartige Zellen abgebildet.

Im Zusammenhange mit dem Ganglion semilunare trigemini werde ich hier einige Befunde bei den Elasmobranchiern erwähnen. Als ich bei dem Acanthias vulgaris das Trigeminusganglion untersuchte, fand ich in dem Wurzelganglion der Portio major des N. ophthalmicus die bei Fischen gewöhnlichen oppositipol bipolaren Nervenzellen. Am Ursprunge des Portio minor des N. ophthalmici aber findet sich ein kleines Ganglion, in welchem ich Nervenzellen von einem ganz verschiedenen Typus entdeckte. In der Fig. 3—5 der Taf. XX sind drei solche Nervenzellen abgebildet. Sie sind ausserordentlich gross, und aus ihnen entspringt nur ein einziger breiter Ausläufer, welcher Anfangs blass ist und mehr oder weniger an der Zelle sich windend endlich sie verlässt, eine Myelinscheide bekommt und als myelinhaltige Nervenfaser seinen Verlauf fortsetzt. Bald nachher oder sogar schon dicht an der Zelle theilt sich nun der zur Nervenfaser gewordene Ausläufer in zwei Arme, welche als dicke myelinhaltige Nervenfasern nach verschiedenen Richtungen gehen. Die aus der Zellenkapsel entstandene Schwann'sche Scheide des Ausläufers bildet wie gewöhnlich an der Theilungsstelle eine Einschnürung, und sein Axencylinder verschmälert sich etwas, ehe er sich theilt, um dann in den beiden Zweigen wieder allmählich dicker zu werden.

Es liegen also Nervenzellen von einem Typus vor, welcher fast vollständig mit dem der Nervenzellen der Spinalganglien bei den höheren Wirbelthierclassen übereinstimmen. Bei erneuter Durchmusterung der cerebrospinalen Ganglien des Acanthias konnte ich sonst nur die gewöhnlichen bipolaren Zellen entdecken, wogegen bei allen untersuchten Individuen dieser Thierart das kleine Ganglion der Portio minor n. ophthalmici nur die be-

schriebenen unipolaren Zellen zu enthalten schien. Es ist diese Thatsache von besonderem Interesse, indem wir hier, insoweit wir bis jetzt wissen, in diesen Zellen das erste Beispiel entwickelter unipolarer Nervenzellen der Spinalganglien von höherem Wirbelthiertypus vor uns haben und weil sie sich gewissermaassen den Befunden Freud's bei Petromyzon anschliessen.

5. Das Ganglion oticum.

Das Ganglion oticum ist zwar von den meisten Anatomen, obwohl eigentlich vermuthungsweise, zu dem sympathischen Systeme gerechnet. Indessen scheint keine genauere Untersuchung über die Beschaffenheit der Nervenzellen in demselben ausgeführt zu sein. Ich untersuchte das Ganlion oticum bei dem Kaninchen, der Katze, dem Schafe und dem Menschen. Nur bei den zwei erstgenannten Thieren erhielt ich aber ganz überzeugende Bilder, weswegen ich mich bei der Beschreibung auf sie beschränke. Es gelingt nämlich wegen des reichlichen Bindegewebes des Ganglions nur ziemlich selten, gut isolirte Zellen mit erhaltenen Ausläufern zu bekommen.

Beim Kaninchen erhielt ich nun vom Ganglion oticum einige sehr schöne Nervenzellen, von denen hier zwei abgebildet sind. Die eine (Taf. XXII, Fig. 17) war vollständig isolirt, sogar aus der Kapsel entwichen und trug vier Ausläufer, von denen einer sich in zwei verzweigte; die zweite Nervenzelle (Taf. XXII, Fig. 18) war noch von ihrer Kapsel umgeben und schickte drei blasse Ausläufer aus, deren einer sich bald in zwei theilt. So weit ich die Ausläufer der Nervenzellen dieses Ganglions verfolgen konnte, sah ich an ihnen keine Myelinscheide.

Bei der Katze trugen die Nervenzellen einen ganz übereinstimmenden Habitus. Bei allen, die ich vollständig und gut isolirt erhielt, sah ich zwei, drei oder mehr Ausläufer. Ich habe drei solche Zellen abgebildet (Taf. XXII, Fig. 14—16), welche als Repräsentanten dienen können, nämlich eine bipolare, eine mit drei und eine mit vier blassen Ausläufern; alle drei Zellen sind von ihren Kapseln befreit.

Im Ganzen geht hervor, dass wir im Ganglion oticum sogenannte „multipolare" Nervenzellen mit blassen nicht gewunden sondern gestreckt entspringenden Ausläufern vor uns haben, also ganz den Typus, den wir gewöhnt sind, als sympathisch oder dem Sympathicus-System angehörig zu erklären. Das ganze Ganglion zeigte übrigens auch die Charaktere eines sympathischen.

6. Das Ganglion sphenopalatinum.

Ueber die Natur dieses Ganglions wird entweder nichts Näheres geäussert oder man scheint es auch zum sympathischen System zu rechnen,

letzteres aber eigentlich mehr vermuthungsweise, da eine genauere Untersuchung der Beschaffenheit der Nervenzellen desselben nicht vorzuliegen scheint.

Das Ganglion sphenopalatinum habe ich bei dem Schafe, der Katze und dem Menschen untersucht, nur bei den ersten beiden erhielt ich aber gut isolirte Nervenzellen. Vom Schafe habe ich hier eine in die Kapsel eingeschlossene Zelle mit drei blassen, gestreckt abgehenden Ausläufern (Taf. XXII, Fig. 21), und von der Katze zwei bipolare Nervenzellen ebenfalls mit blassen, gestreckt abgehenden Ausläufern (Taf. XXII, Figg. 19, 20) abgebildet; solche bipolare Zellen scheinen in diesem Ganglion sehr gewöhnlich zu sein.

Im Ganzen trägt auch dieses Ganglion die Charaktere eines sympathischen und die Nervenzellen ähneln sehr den in den Sympathicusganglien vorkommenden.

7. Das Ganglion submaxillare.

Das Ganglion submaxillare wurde ebenfalls im Allgemeinen als ein sympathisches aufgefasst, obwohl eine eingehendere Untersuchung der Beschaffenheit der Nervenzellen desselben kaum ausgeführt wurde.

Ich habe dieses Ganglion vorzugsweise beim Menschen untersucht und theile hier als charakteristisch eine gut isolirte Nervenzelle mit (Taf. XXII, Fig. 22); sie ist mit drei blassen, nicht gewunden sondern gestreckt entspringenden Ausläufern versehen und ähnelt vollständig den Nervenzellen sympathischer Ganglien, wie im Ganzen das Submaxillarganglion den Bau solcher Ganglien darstellt.

8. Das Ganglion ciliare.

Das Ganglion ciliare wurde bisher im Allgemeinen von den Anatomen, welche sich über dessen Natur aussprachen, als zu dem sympathischen System gehörend angesehen. So z. B. zählen Johannes Müller und Rauber es zu den peripherischen Ganglien des Kopfes.

Nun hat aber neulich Schwalbe[1] auf Grund sehr umfassender vergleichend-anatomischer Untersuchungen dargethan, dass das Ciliarganglion eigentlich das Wurzelganglion des N. oculomotorius darstellt und in Folge dessen als ein Cerebrospinalganglion angesehen werden muss. Er hat in der That für diese Ansicht eine grosse Reihe sehr schöner Beobachtungen angeführt und zusammengestellt. Auch die Verhältnisse des feineren Baues des Ciliarganglions sprechen nach ihm durchaus nicht gegen die Deutung

[1] Das Ganglion oculomotorii. *Jenaische Zeitschrift für Naturwissensch.* Bd. XIII, N. F. VI.



desselben als Spinalganglion. Die Nervenzellen aus dem Ciliarganglion der untersuchten Säugethiere (Kalb, Schaf) gleichen in Bau, Grösse und Beziehungen zu den Nervenfasern ganz denen, welche in den Spinalganglien der Säugethiere vorkommen. Sie sind also unipolar zu nennen. Er erwähnt indessen, dass er der Histologie des Ciliarganglions bisher nur nebenbei Aufmerksamkeit geschenkt hat und dass es ihm noch nicht gelungen ist, für dies Ganglion die Spaltung des einfachen Ganglienzellenfortsatzes in zwei nachzuweisen, um so mehr, als die Isolirung durch das Bindegewebe sehr erschwert wird. Schwalbe erwähnt auch eine mir unbekannte Arbeit von Reichart, welcher aus dem Ciliarganglion eine Nervenzelle mit zwei Fortsätzen abgebildet hat.

Nachdem ich das Ciliarganglion bei verschiedenen Säugethieren, besonders aber beim Hunde und Menschen wegen des straffen Bindegewebes und der reichlichen Nervenfasern ohne gute Erfolge untersucht hatte, fand ich in demjenigen der Katze ein Material, bei welchem es etwas leichter war, sicherer zum Ziele zu gelangen. Besonders nach Behandlung mit Ueberosmiumsäure und Carmin und durch vorsichtige Zerzupfung gelang es mir, eine Reihe von schön isolirten Nervenzellen zu bekommen, an denen die Ausläufer noch ziemlich gut erhalten waren. Einige derselben sind in der Taf. XXII, Fig. 1—7 abgebildet. Diese Nervenzellen sind mit zwei, drei oder mehreren Ausläufern versehen, welche nicht spiralig gewunden, sondern gestreckt von den Zellen entspringen, blass sind und, soweit ich sie verfolgen konnte, auch später keine Myelinscheide erhalten; diese blassen Ausläufer verlaufen aber selten eine längere Strecke, ohne sich zu theilen; die Theilung geschieht nämlich oft schon gleich nach dem Abgange von der Zelle, ist dichotomisch und wiederholt sich oft mehrere Mal; zuweilen ist die Theilung auch trichotomisch (Fig. 5); die Arme sind bald gleich breit, bald ist der eine schmäler, zuweilen sogar sehr fein; an ihnen sieht man hie und da ovale Kerne, welche deutlich einer dünnen Scheide angehören, die von der Zellenkapsel sich unmittelbar fortsetzt. Letztere, die Zellenkapsel, liegt in der Regel der Zelle dicht an; zuweilen hebt sie sich aber von ihr ab (Fig. 2).

Diese soeben geschilderten Nervenzellen liegen bald dicht beisammen, kleine Haufen bildend, bald befinden sie sich mehr zerstreut, von dem reichlichen Bindegewebe des Ganglions umgeben. Ausserdem sind sie von zahlreichen, meistentheils sehr feinen, myelinhaltigen Nervenfasern umsponnen, die auch das zwischenliegende Bindegewebe des Ganglions durchziehen und nicht wenig dazu beitragen, die Untersuchung zu erschweren. In der Fig. 1 der Taf. XXII habe ich zwei solche von myelinhaltigen Nervenfasern umsponnene Nervenzellen nach der Natur gezeichnet. An gut isolirten Zellen sieht man wohl, dass diese umspinnenden feinen Fasern

nicht direct aus der Zelle entspringen, nicht unmittelbar mit den blassen Ausläufern in Zusammenhang stehen (Fig. 3). Wenn man die Faser weiter verfolgt, gelingt es indessen hin und wieder eine Zweitheilung derselben wahrzunehmen, von derselben Beschaffenheit wie die in den Spinalganglien vorkommenden. Unter den verschiedenen, von mir aus dem Ciliarganglion beobachteten habe ich hier vier isolirte solche Theilungen (Taf. XXII, Fig. 8—11) abgebildet, nämlich zwei an etwas dickeren Nervenfasern, die übrigens seltener sind, und zwei an feineren; die zwei Theilungsarme setzen dicht neben einander ihren Weg fort, nur sehr spitze Winkel unter sich bildend. Nun habe ich ferner gefunden, dass in der That auch die die Nervenzellen umspinnenden Nervenfasern selbst in dieser Weise sich theilen, wie an der in Fig. 6 abgebildeten Zelle, wo die Theilung frei neben ihr liegt, oder in Fig. 7, wo die getheilte Faser mit ihren Armen die Zelle umgreift.

Was sind nun diese umspinnenden myelinhaltigen Nervenfasern des Ciliarganglions? Es ist in der That für jetzt unmöglich, eine endgültige Erklärung zu geben. Indessen scheint es mir nicht eben unwahrscheinlich, dass sie sich aus den — soweit ich bisher sehen konnte — blassen, sich theilenden Ausläufern der Nervenzellen herrühren, obwohl noch keine Beobachtungen dies beweisen. Eine andere Deutung dieser äusserst zahlreichen Fasern kann ich bis jetzt nicht geben. Jedenfalls ist das Vorkommen von Theilungen an ihnen von besonderem Interesse.

Wofür aber soll man die beschriebenen Nervenzellen des Ciliarganglions halten? Sie sind nicht unipolar, sondern bi- und multipolar mit blassen, sich theilenden, nicht gewunden, sondern eher gestreckt entspringenden Ausläufern, und sie ähneln in hohem Grade den Nervenzellen des Ganglion oticum, G. sphenopalatinum und G. submaxillare — d. h. sie ähneln auch den Nervenzellen des Sympathicus selbst. Soweit man aus der Gestalt der Nervenzellen auf das eigentliche Wesen des Ganglions schliessen kann, ist das Ciliarganglion somit als ein „sympathisches" zu betrachten. Da ich also hierdurch zu einem anderen Resultate als Schwalbe durch seine genauen vergleichend-anatomischen Untersuchungen gelangt war, so blieb ich lange zweifelhaft und suchte eine Erklärung der verschiedenen Ergebnisse. Es wäre ja möglich, dass das Ciliarganglion ein zusammengesetztes Ganglion ist, welches Elemente sowohl eines Cerebrospinal- als eines sympathischen Ganglions in sich enthält. Von Neuem darauf gerichtete Studien ergaben aber keine Beweise dafür, sondern bestätigten nur meine früheren Befunde.

Schnitte von Ciliarganglien der Katze, welche während ein Paar Tage in 0·01% Chromsäurelösung gelegen hatten, zeigten nämlich die Nervenzellen, *in situ* in ihren Kapseln liegend, aber von ihnen etwas zurückgezogen, in sehr schöner Weise mehrere Ausläufer nach verschiedenen Richtungen in das zwischenliegende Gangliongewebe aussendend; man konnte diese zwei,

drei, vier oder bisweilen gar bis auf sieben blasse Ausläufer dort eine Strecke weit verfolgen und sie sich verzweigen sehen, ganz wie Key und ich aus den sympathischen Ganglien es abgebildet haben.

Ein Verhältniss, dass mir in dieser Beziehung noch unerklärt erschien, war das Vorkommen von Theilungen der myelinhaltigen Nervenfasern im Ciliarganglion, da meines Wissens in notorisch sympathischen Ganglien solche Theilungen nicht beschrieben sind. Ich durchmusterte deswegen wieder den Halssympathicus und sein oberstes Ganglion bei der Katze und fand nach etwas Suchen in der That ähnliche Theilungen feiner myelinhaltiger Nervenfasern in den Nervenzweigen dicht beim Abgang von den Ganglien. Die im Ciliarganglion vorkommenden Theilungen der Nervenfasern sind also kein Hinderniss dafür, dasselbe als ein sympathisches anzusehen.

Dann habe ich aber bei dem Huhn noch eine Art von Nervenzellen gefunden, die von denen der Säugethiere ziemlich abweichen. Diese Zellen schicken nämlich einseitig und dicht aneinander zwei Ausläufer aus, welche Anfangs blass, bald eine Myelinscheide bekommen und entweder nach derselben oder in entgegengesetzter Richtung den Verlauf fortsetzen (Taf. XXII, Figg. 12, 13). Ich will hier nur auf das Vorkommen solcher eigenthümlicher Zellen hinweisen, ohne eine Deutung derselben zu geben suchen. Sie erscheinen in der That mehr den Nervenzellen der Spinalganglien als den sympathischen ähnlich.

In der obigen Schilderung wurden die Nervenzellen des Seh- und des Gehörnerven nicht besprochen. Die des Sehnerven sind aber ihrer Natur nach eher dem Centralorgane vergleichbar. Die Nervenzellen des Gehörnerven aber, welche als zu dem Cerebrospinalganglien-System gehörend gewiss sehr eigenthümlich sind, da sie durch alle Wirbelthierclassen bipolar mit entgegengesetzt abgehenden Ausläufern bleiben, werden hier nicht beschrieben, um so mehr als ich sie in einer Arbeit über das Gehörorgan besonders schildern werde.

Aus diesen Untersuchungen könnte man folgende Ergebnisse ziehen.

1. Zweitheilungen myelinhaltiger Nervenfasern kommen, wie schon zerstreute Angaben mehrerer älterer Anatomen erwähnen, in den Spinalganglien vor; dies Verhältniss scheint keine Ausnahme, sondern im Gegentheil so gewöhnlich zu sein, dass man es als den Spinalganglien allgemein zukommend

betrachten darf; es findet sich in der Wirbelthierreihe, von den Batrachiern aufwärts bis zum Menschen, wieder. Die Theilungsarme sind bald ebenso breit wie die sich theilende Faser selbst, bald sind beide oder auch einer schmäler; Theilungen kommen übrigens an breiten sowohl als schmalen myelinhaltigen Nervenfasern vor.

2. Der bei den Nervenzellen der Batrachier, der Vögel und der Säugethiere stets einzige Ausläufer scheint nach mehr oder weniger gewundenem Verlaufe und nachdem er früher oder später Myelinscheide erhalten und die Beschaffenheit einer gewöhnlichen myelinhaltigen Nervenfaser angenommen hat, wenigstens in vielen Fällen, an einer Einschnürungsstelle, wie es Ranvier für die Spinalganglien des Kaninchens zuerst dargelegt hat, eine Art Vereinigung mit einer anderen myelinhaltigen Nervenfaser einzugehen. Diese „Vereinigung" erscheint aber bei näherer Untersuchung im Allgemeinen eher als eine wirkliche Theilung des Zellenausläufers, indem sein Axencylinder sich in zwei Arme spaltet, von welchem je einer zum Axencylinder der beiden Theilungsfasern wird; diese letzteren gehen bald mit stumpfem, bald mit rechtem, bald mit spitzem Winkel von einander ab; bald verlaufen sie eine Strecke parallel, dicht neben einander, um sich später zu trennen und nach verschiedenen Richtungen zu gehen. Ob aber nun der eine Theilungsarm nach dem Centralorgane, der zweite nach der Peripherie hin verläuft, lässt sich, wie schön oder wahrscheinlich eine solche Annahme auch erscheinen möchte, wenigstens mit den bei höheren Thieren bis jetzt angewandten Untersuchungsmethoden, gar nicht mit Sicherheit nachweisen. Ebensowenig lässt sich bis jetzt die wichtige Frage beantworten, ob alle solche Ausläufer der Nervenzellen der fraglichen Spinalganglien die geschilderte Zweitheilung untergehen. Endlich habe ich keine Beweise für die Annahme Ranvier's erhalten, dass eine wiederholte Vereinigung (bez. Theilung) der Ausläufer in diesen Ganglien vorkommt.

Dass ein grosser Theil der im Moment 1 erwähnten Theilungen myelinhaltiger Nervenfasern, welcher bei der Untersuchung der Spinalganglien reichlich isolirt angetroffen werden, Theilungsstellen solcher Zellenausläufer darstellen, scheint aus ihrer Beschaffenheit und Anordnung sowie vorzugsweise aus ihrem Vorkommen in der Nähe der Zellenhaufen in hohem Grade wahrscheinlich zu sein; es ist aber noch nicht möglich zu bestimmen, ob dies für die meisten derselben oder sogar für alle gilt oder ob neben den Theilungen der Nervenzellenausläufer auch eine Theilung der aus den Centralorganen stammenden „durchziehenden" Nervenfasern vorkommt, wie es nach Freud bei Petromyzon der Fall ist.

3. Von den peripherischen Ganglien des Kopfes sind das Ganglion jugulare und G. cervicale N. vagi, Ganglion jugulare und G. pe-

trosum N. glossopharyngei, Ganglion geniculi N. facialis, Ganglion semilunare N. trigemini in Betreff der Beschaffenheit ihrer Nervenzellen und deren Ausläufer den echten Spinalganglien vollständig gleichzustellen und somit als zu dem Cerebrospinalgangliensystem hinzurechnen. Auch das Ganglion N. acustici lässt sich zu diesem System führen, obwohl es gewissermaassen eigenthümliche Verhältnisse darbietet.

4. In den Cerebrospinalganglien vermag man auch an den kleinsten Nervenzellen bei guter Präparation gewöhnlich einen Ausläufer wahrzunehmen, welcher indessen während eines längeren Verlaufes die Eigenschaften einer blassen Nervenfaser behält; ob aber später auch dieser eine Myelinscheide bekommt und wie der der grösseren Nervenzellen sich verhält, konnte noch nicht entschieden werden. Bisweilen wurde eine Theilung des blassen Ausläufers beobachtet. Das Vorkommen wirklich apolarer Nervenzellen in den Cerebrospinalganglien erscheint immer mehr unwahrscheinlich.

5. Von den übrigen peripherischen Ganglien des Kopfes sind auf Grund ihres Baues und besonders der Beschaffenheit ihrer Nervenzellen das Ganglion oticum, Ganglion sphenopalatinum und Ganglion submaxillare sicher zu dem sympathischen Nervensystem zu führen. So weit ich, in Folge der obigen Studien mich über die Stellung des Ciliarganglions aussprechen muss, kann ich nicht umhin, auch dieses Ganglion demselben System hinzuzurechnen, obwohl die schönen und umfassenden vergleichend-anatomischen Untersuchungen Schwalbes ein anderes Resultat ergeben haben. In dem Ciliarganglion, wie in den sympathischen Halsganglien, kommen aber auch an den die Nervenzellen umspinnenden myelinhaltigen Nervenfasern Theilungen vor, welche ähnlich beschaffen sind wie die in den Cerebrospinalganglien gefundenen.

Wie soll man nun in den cerebrospinalen Ganglien die unipolaren Nervenzellen und die Theilung ihrer Ausläufer auffassen? In dieser Hinsicht liefert uns die Vergleichung mit den Verhältnissen bei den Fischen und besonders bei dem Petromyzon interessante Anhaltspunkte. Bei diesem letzteren Thiere kommen nach Freud Uebergangsformen zwischen unipolaren und bipolaren Nervenzellen vor. Auch die in der Portio minor N. ophtalmici vorhandenen unipolaren Zellen tragen dazu bei, den sonst schroffen Uebergang zu vermitteln. Es liegt nun auch in der That nahe anzunehmen, dass die bei den höheren Thieren stets unipolaren Nervenzellen nur der Gestalt, nicht aber ihrer physiologischen Bedeutung nach sich von den bipolaren Nervenzellen der Fische unterscheiden. In diesem Fallen könnte

man annehmen, dass bei den unipolaren Nervenzellen der einzige Ausläufer den beiden Ausläufern der bipolaren Zellen entspricht, also vor der Theilungsstelle eine Art Vereinigung oder Verschmelzung beider darstellend. Inwieweit man aber die, sei es uni- oder bipolaren Nervenzellen der Spinalganglien als eigene „Centra", welche eine Faser nach den Centralorganen, die andere nach der Peripherie hin senden, inwieweit man sie nur als eine Art mehr indifferente „Durchgangsorgane" oder „Nutritionsorgane" für die aus den Centralorganen kommenden Nervenfasern betrachten darf, das lässt sich bis jetzt in keiner Weise entscheiden; die Beantwortung dieser wichtigen Frage ist übrigens eine eher Aufgabe der Experimentalphysiologie als der Histologie.

Erklärung der Tafeln.

Tafel XVII.

Aus den cerebrospinalen Ganglien des Frosches und des Huhns.

Figg. 1—6. Nervenzellen und Nervenfasern aus den Spinalganglien des Frosches (Rana esculenta). — Fig. 1. Mittelgrosse Nervenzelle mit myelinhaltiger Ausläufer-Nervenfaser, welche an der ersten Einschnürung sich in zwei theilt. — Fig. 2. Grosse Nervenzelle mit myelinhaltiger Ausläufer-Nervenfaser, welche ohne Theilung eine Strecke an der ersten Einschnürung vorbei verfolgt werden kann. — Fig. 3. Kleine Nervenzelle mit blassem Ausläufer. — Fig. 4. Kleine Nervenzelle mit blassem Ausläufer, der sich in zwei theilt. — Figg. 5 und 6. Theilungsstellen isolirter myelinhaltiger Nervenfasern.

Figg. 7—11. Nervenzellen und Nervenfasern aus dem Ganglion semilunare trigemini des Frosches. — Fig. 7. Nervenzelle mit myelinhaltiger Ausläufer-Nervenfaser, welche ohne Theilung an zwei Einschnürungen vorbei verfolgt werden kann. Fig. 8 *a*, *b*, *c*. Kleine Nervenzellen mit blassem Ausläufer; *d* geöffnete Nervenzellenkapsel, aus welcher die Nervenzelle selbst ausgefallen, und deren Ausläufer mit Myelinscheide versehen ist. — Figg. 9—11. Theilungsstellen verschiedener Gestalt, an isolirten myelinhaltigen Nervenfasern.

Figg. 12—18. Nervenzellen und Nervenfasern aus Spinalganglien des Huhns (Gallus dom.) — Fig. 12. Mittelgrosse Nervenzelle mit Ausläufer-Nervenfaser, welche eine Strecke blass und mit reichlichen Kernen besetzt verläuft, dann aber Myelinscheide bekommt; sie kann ohne Theilung eine Strecke an zwei Einschnürungen vorbei verfolgt werden. — Fig. 13. Grössere Nervenzelle mit Ausläufer-Nervenfaser, welche nach kürzerem Verlaufe Myelinscheide erhält; man konnte sie an mehreren Einschnürungen vorbei verfolgen, ohne Theilung derselben wahrzunehmen. — Figg. 14 und 15. Kleinere Nervenzellen mit blassem Ausläufer, welcher eine recht weite Strecke verfolgt werden konnte, ohne Myelinscheide zu erhalten und Theilung einzugehen; Kerne erscheinen in ziemlich regelmässigen Abständen. — Figg. 16—18. Theilungsstellen isolirter myelinhaltiger Nervenfasern; in der Fig. 16 bietet die Myelinscheide Zerfall verschiedener Art und ist theilweise weggefallen.

Alle Figuren sind bei Hartnack's Imm. Obj. 12 + Ocul. 3 (eingeschob. Tubus) und nach Osmium-Carminpräparaten gezeichnet.



Tafel XVIII.

Aus den cerebrospinalen Ganglien der Katze.

Figg. 1—6. Nervenzellen und Nervenfasern aus Spinalganglien. — Fig. 1. Kleinere Nervenzelle mit myelinhaltiger Ausläufer-Nervenfaser, welche schon bei der ersten Einschnürung sich in zwei theilt. — Fig. 2. Grössere Nervenzelle mit myelinhaltiger Ausläufer-Nervenfaser, welche ebenfalls bei der ersten Einschnürung sich in zwei theilt. — Fig. 3. Grosse Nervenzelle, deren myelinhaltiger Ausläufer-Nervenfaser an der Aussenseite der Zellenkapsel einige Windungen bildet. — Fig. 4 *a, b*. Zwei beisammen liegende, isolirte, myelinhaltige Nervenfasern mit Theilungen. — Figg. 5 und 6. Verschieden gestaltete Theilungen isolirter, myelinhaltiger Nervenfasern.

Figg. 7—9. Nervenzellen und Nervenfasern aus dem Ganglion semilunare trigemini. — Fig. 7. Kleinere Nervenzelle, deren myelinhaltige Ausläufer-Nervenfaser an mehreren Einschnürungen vorbei verfolgt werden konnte, ohne eine Theilungsstelle zu erreichen. – Fig. 8. Theilungsstelle einer isolirten myelinhaltigen Nervenfaser. — Fig. 9 *a, b*. Zwei beisammen liegende Theilungsstellen isolirter myelinhaltiger Nervenfasern verschiedener Breite.

Figg. 10 und 11. Nervenzelle und Nervenfaser aus dem Ganglion cervicale vagi (Plexus nodosus). – Fig. 10. Grössere Nervenzelle, deren myelinhaltige Ausläufer-Nervenfaser an der zweiten Einschnürung sich in zwei, eine breitere und eine schmälere, theilt. — Fig. 11. Theilungsstelle einer isolirten myelinhaltigen Nervenfaser.

Alle Figuren sind bei Hartnack's Imm. Obj. 12 + Ocul. 3 (eingeschob. Tubus) nach Osmium-Carmin-Präparaten gezeichnet.

Tafel XIX.

Aus den cerebrospinalen Ganglien des Menschen.

Figg. 1 und 2. Nervenzellen aus Spinalganglien. An beiden sieht man die mehr oder weniger schnell myelinhaltig gewordene Ausläufer-Nervenfaser nach wiederholten Windungen sich in zwei theilen; bei Fig. 1 schon bei der zweiten Einschnürung, bei 2 nach einer grösseren Zahl derselben.

Fig. 3. Zwei kleine Nervenzellen mit blassem Ausläufer, aus dem Ganglion semil. trigemini.

Figg. 4—12. Verschieden gestaltete Theilungsstellen isolirter myelinhaltiger Nervenfasern, aus Spinalganglien.

Fig. 13. Nervenzelle mit myelinhaltiger Ausläufer-Nervenfaser, welche nach gewundenem Verlaufe an der zweiten Einschnürung sich in zwei theilt; aus dem Ganglion cervicale vagi (Plexus nodosus).

Alle Figuren sind bei Hartnack's Immers. Obj. 12 + Ocul. 3 (eingeschob. Tubus) nach Osmium-Carmin-Präparaten gezeichnet. Diese Vergrösserung entspricht fast vollkommen der von Key und mir angewandten, bei welcher die in unserer früheren Arbeit (*Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes*) abgebildeten Nervenzellen und Nervenfasertheilungen wiedergegeben sind.

Tafel XX.

Aus dem Trigeminusganglion des Protopterus, Ophthalmicusganglion des Acanthias und Cerebrospinalganglien von Reptilien.

Figg. 1 und 2. Zwei bipolare Nervenzellen aus dem Ganglion semil. trigemini des Protopterus annectens. Die Nervenzellenkerne sowohl als die Kapselkerne sind auffallend gross.

Figg. 3—5. Drei auffallend grosse unipolare Nervenzellen von Acanthias vulgaris aus dem Ganglion der Portio minor des Ophthalmicus, deren einziger Ausläufer nach mehreren Windungen eine Myelinscheide bekommt und sich in zwei Nervenfasern theilt. Die Myelinscheide zeigt verschiedene Arten von Zerfall, theils durch Lantermann'sche Einkerbungen in die gewöhnlichen Tuben, theils in sehr dünne, blattförmige Tuben, theils in körnige Massen.

Figg. 6—9. Aus den Spinalganglien einer Schildkröte (Trionyx subplanus). — Fig. 6. Unipolare Nervenzelle mit blassem Ausläufer, welcher jedoch in späterem Verlaufe Myelinscheide bekommen würde. — Fig. 7—9. Theilungsstellen isolirter myelinhaltiger Nervenfasern, Fig. 9 mit Fibrillenscheide.

Fig. 10. Aus dem Ganglion semilun. trigemini von Vipera Rhinoceros. Unipolare Nervenzelle, deren anfangs blasser Ausläufer später Myelinscheide bekommt. — Fig. 11. Theilung einer myelinhaltigen Nervenfaser aus einem Spinalganglion desselben Thieres.

Tafel XXI.

Aus dem Ganglion jugulare vagi, Ganglion jugulare glossopharyngei und dem Ganglion geniculi facialis.

Fig. 1. Nervenzelle, deren einziger zu myelinhaltiger Nervenfaser gewordener Ausläufer sich bei der ersten Einschnürung in zwei Fasern theilt. Aus dem Ganglion jugulare vagi der Katze.

Fig. 2. Nervenzellen, deren Ausläufer mehrfach gewunden und zu myelinhaltiger Nervenfaser geworden, nicht zu einer Theilung verfolgt werden konnte. Aus dem Ganglion jugulare vagi der Katze.

Figg. 3 und 4. Theilungsstellen isolirter myelinhaltiger Nervenfasern aus dem Ganglion jugulare vagi der Katze.

Figg. 5—7. Nervenzellen aus dem Ganglion jugulare vagi des Hundes. — Fig. 5. Nervenzelle, deren zuerst blasser, später mit Myelinscheide versehener Ausläufer sich bei der ersten Einschnürung in zwei Nervenfasern, eine breite und eine viel schmälere, theilt. Daneben liegt links eine blasse Nervenfaser (Ausläufer einer Nervenzelle?), *a*, welche sich ebenfalls in zwei theilt. — Fig. 6. Nervenzelle mit sehr gewunden verlaufendem Ausläufer, an dem noch keine Theilung sich findet. — Fig. 7. Kleinste Nervenzelle mit einzigem blassem Ausläufer.

Fig. 8. Nervenzelle aus dem Ganglion jugulare glossopharyngei des Menschen, von der Kapsel isolirt und mit einzigem (unipolarem) Ausläufer.

Fig. 9. Nervenzelle aus dem Ganglion geniculi der Katze; an dem einzigen Ausläufer ist keine Theilung zu sehen.

Fig. 10. Zwei Nervenzellen aus dem Ganglion geniculi des Hundes; der Ausläufer der einen Zelle theilt sich über der zweiten Zelle liegend, während der Ausläufer der letzteren knäuelförmig gewunden noch keine Theilung zeigt.

Fig. 11. Nervenzelle mit Ausläufer ohne Kapsel. Aus dem Ganglion geniculi der Katze.

Fig. 12. Sich theilende myelinhaltige Nervenfaser. Aus dem Gaglion geniculi der Katze.

Alle Figuren sind bei Hartnack's Immers. Obj. 12 + Ocul. 3 (eingesch. Tubus) nach Osmium-Carmin-Präparaten gezeichnet.

Tafel XXII.

Aus dem Ganglion ciliare, G. oticum, G. sphenopalatinum und G. submaxillare.

Figg. 1—7. Nervenzellen aus dem Ganglion ciliare der Katze. — Fig. 1. Zwei zusammenliegende Nervenzellen, von denen die untere zwei blasse Ausläufer aussendet; beide Zellen sind von zahlreichen myelinhaltigen Nervenfasern umsponnen. — Fig. 2. Eine Nervenzelle, von welcher zwei blasse Ausläufer, der eine sich später dichotomisch theilend, ausgeht; die Zelle hat sich von ihrer Kapsel zurückgezogen. — Fig. 3. Nervenzelle mit drei blassen Ausläufern, von welchen einer sich theilt; die Zelle von einer myelinhaltigen Nervenfaser umsponnen. — Fig. 4. Nervenzelle mit zwei blassen Ausläufern, von denen einer sich sogleich theilt, um bald wieder einen neuen feinen Zweig abzugeben. — Fig. 5. Nervenzelle mit mehreren blassen Ausläufern. — Fig. 6. Nervenzelle (deren Ausläufer nicht zu sehen sind) von einer feinen myelinhaltigen Nervenfaser umsponnen, welche neben der Zelle eine Theilung zeigt. — Fig. 7. Nervenzelle mit drei blassen Ausläufern, von einer feinen myelinhaltigen Nervenfaser umsponnen, welche sich auf der Zelle liegend theilt.

Figg. 8—11. Sich theilende myelinhaltige Nervenfasern verschiedener Breite, aus dem Ganglion ciliare der Katze.

Figg. 12—13. Zwei Nervenzellen aus dem Ganglion ciliare des Huhns, von welchen zwei Ausläufer einseitig ausgehen, um mehr oder weniger früh Myelinscheide zu erhalten.

Figg. 14–16. Nervenzellen aus dem Ganglion oticum der Katze, aus ihren Kapseln befreit; von diesen Zellen hat eine zwei, eine drei und die dritte vier blasse Ausläufer.

Figg. 17 und 18. Nervenzellen aus dem Ganglion oticum des Kaninchens. — Fig. 17. Zelle, deren Kapsel abgezogen ist, mit vier blassen Ausläufern. — Fig. 18. Zelle (in ihrer Kapsel) mit drei blassen Ausläufern.

Figg. 19 und 20. Nervenzellen mit je zwei groben blassen Ausläufern aus dem Ganglion sphenopalatinum der Katze.

Fig. 21. Nervenzelle mit drei blassen Ausläufern aus dem Ganglion sphenopalatinum des Schafes.

Fig. 22. Nervenzelle mit drei blassen Ausläufern aus dem Ganglion submaxillare des Menschen.

Alle Figuren sind bei Hartnack's Immers. Obj. 12 + Ocul. 3 (eingesch. Tubus) nach Osmium-Carmin-Präparaten gezeichnet.

Beiträge zur Kenntniss der äusseren Formen jüngster menschlicher Embryonen.

Von

A. Ecker.[1]

(Hierzu Taf. XXIV A.)

Menschlicher Embryo von 4^{mm} Länge.

Bei der immer noch nicht übermässig grossen Zahl von Beschreibungen und Abbildungen unzweifelhaft normaler menschlicher Embryonen von der genannten Grösse und nachdem der Krause'sche Fall wieder eine lebhafte Debatte erregt hat, mag es wohl nicht unpassend sein, die nachfolgende Beobachtung, die einen viel kleineren und jüngeren Embryo (von nur 4^{mm}, der Krause'sche hatte 8^{mm}), bei dem überdies die Rückenfurche noch offen ist, zu veröffentlichen.

Durch Hrn. stud. med. Touton aus Alzey erhielt ich in diesem Winter ein menschliches Ovulum. Dasselbe war in der Decidua reflexa noch fest eingebettet und diese hing noch mit mehreren Lappen der Decidua uteri zusammen.[2] Als ich das Object erhielt, war dasselbe in Müller'scher

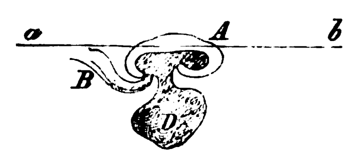
---

[1] Diis faventibus gedenke ich dieser Mittheilung gelegentlich noch weitere folgen zu lassen.

[2] Dasselbe stammt von einer Frau, welche vor vier Jahren ein todtes Kind geboren, seitdem mehrfach abortirt hat (laut Angaben meist 6 bis 7 wöchentlich, einmal 3½ Monate). Februar 1880 hat sie ein ausgetragenes Kind geboren. Da sie nicht stillte, trat Menstruation nach kaum drei Monaten wieder ein. Die Menstruation war stets von grösster Regelmässigkeit, so dass die Frau sich nie täuschte, wenn sie eine Conception annahm, nachdem auch nur zwei Tage über die gewöhnliche Zeit verstrichen waren. — Am 13. August begann und verlief die Periode wie gewöhnlich. Die am 10. September dagegen erwartete Menstruation blieb aus. 27. September morgens leichte Blutung aus den Genitalien und geringer Kreuzschmerz, welcher schon seit einigen Tagen bestand (lag seit 25. zu Bett): am Abend des 27. wurde ohne grossen Schmerz die unverletzte Decidua ausgestossen.

Flüssigkeit [1] schon etwas erhärtet und das Ei war durch einen, zufällig sehr glücklich geführten Schnitt so geöffnet, dass ein Segment des auf der Schnittfläche fast kreisrund erscheinenden Ovulum wie ein Deckel abgehoben war. Derselbe Schnitt hatte auch noch die Dotterblase und das Amnios etwas angeschnitten, jedoch den Embryo, der unterhalb der Schnittfläche lag, ganz intact gelassen. Das Ovulum ist rings mit Zotten besetzt, die sich in die Decidua reflexa einsenken. Diese ist, insbesondere an der Basis, an welcher sie mit der Decidua uteri zusammenhängt, stark mit Blutgerinnsel durchsetzt. Der Durchmesser des, wie erwähnt, auf der Schnittfläche fast kreisrund erscheinenden Ovulums betrug 8 mm.

Die Ansicht des angeschnittenen Ovulum ist in Taf. XXIV A. Fig. 1 dargestellt. Ich schälte nun zunächst sorgfältig das Chorion aus seiner Verbindung mit der Decidua heraus. Dies gelang an der Basis (der Verbindung des Hügels der Reflexa mit der Dec. uteri) nur schwer, da hier offenbar die Zotten am dichtesten standen und geronnenes Blut die Lösung erschwerte. Nach vollständiger Ausschälung zeigte sich, dass das Ovulum nach dieser Seite etwas ausgezogen, also nicht vollkommen kreisrund, sondern etwas birnförmig war (Fig. 2).



A Amnios, *B* Bauchstiel, *D* Dottersack. *a b* Schnittfläche.

Der Embryo hat eine Länge von 4 mm und ist im Amnios enthalten. Von diesem ist gerade über dem Rücken des Embryos ein Segment abgetragen, so dass der Rücken des letzteren frei liegt, an welchem sofort die offene Rückenfurche, von zwei Wülsten begrenzt, auffällt (Taf. XXIV A, Fig. 6). Die elliptische Oeffnung im Amnios, durch welche hindurch man den nackten Embryo erblickt, für die Oeffnung des über dem Rücken noch nicht geschlossenen Amnios zu halten, dagegen sprach Verschiedenes, u. A. schon der einfache, etwas ausgefranzte Schnittrand. Der Embryo ist stark gekrümmt, so dass Kopfende und hinteres Körperende nicht weit von einander entfernt sind. Aus der dadurch gebildeten tiefen Bauchconcavität tritt mehr nach vorne der trichterförmige kurze Nabelblasen- oder Dottersackstiel hervor, der sich alsbald zu dem auf der linken Seite des Embryo (Taf. XXIV A, Fig. 1) liegenden grossen Dottersack erweitert. Von diesem wurde zur besseren Einsicht ein Stück abgetragen, so dass der Rest die in Taf. XXIV A, Fig. 3 *D* sichtbare kelchförmige Gestalt erhielt. Hinter

[1] So vortrefflich sich diese Flüssigkeit auch für Conservirung bloss histologischer Objecte handelt, so ist doch für embryologische Objecte der Alkohol vorzuziehen und ich stimme hierin ganz mit His (*Anatomie menschl. Embryonen*, Einleitung S. 4) überein. Auch dieser Embryo musste wegen seiner Brüchigkeit äusserst sorgfältig behandelt werden und erlitt dennoch, glücklicher Weise erst am Ende der Untersuchung, mehrfach Verletzungen.

demselben (zwischen demselben und dem hinteren Körperende) tritt ein dicker Strang hervor, der nach links und abwärts verläuft und sich mit breiter Basis in das Chorion (*C*) einsenkt, der Bauchstiel (His) (Taf. XXIV A, Fig. 3 *B*). Dieser Stiel erscheint ganz solid und man bemerkt auf dem Querschnitt nur einige Gefässlumina. Von einer blasenförmigen Allantois kann daher selbstverständlich hier keine Rede mehr sein und ich kann daher kaum anders, als den Krause'schen Embryo, der ja schon viel grösser ist, für einen nicht normalen zu halten. (Ein blasenförmiges Gebilde am unteren Körperende, jedoch bei einem offenbar nicht normalen Embryo, habe ich ebenfalls beobachtet.) Die von His vorgeschlagene Bezeichnung Bauchstiel scheint mir, wie wohl auch aus den Figg. 3 und 4 ersichtlich sein dürfte, in der That zu entsprechen; denn diese und Nabelstrang decken sich durchaus nicht, da zwar letzterer, aber nicht ersterer den Nabelblasengang mit enthält. Wendete ich den Embryo etwas nach rechts, wie in Fig. 4, so sah man im Grunde des Trichters des Dottersacks den rundlichen Darmnabel, d. i. die Communicationsöffnung zwischen Dottersack und Darm.

Was nun die einzelnen Theile des Embryoleibes betrifft, so unterscheidet man:

Am Kopf (Taf. XXIV A, Fig. 5) die Gegend des Mittelhirns, an welchem die starke Umbiegung des Medullarohres nach vorn und unten zum Vorderhirn stattfindet; das secundäre Vorderhirn (Grosshirn) scheint aber noch wenig entwickelt, wie überhaupt die einzelnen Hirnabtheilungen noch gar nicht deutlich markirt sind. Die Strecke vom Mittelhirn bis zur Nackenbeuge ist ziemlich lang und im Bereich dieser ist das Medullarohr zur Rautengrube auseinandergelegt. Von dem Ende dieser erstreckt sich die offene Rückenfurche über den grösseren Theil des Rückens. Die sie seitlich begrenzenden Rückenwülste verlaufen nicht gestreckt, sondern wellenförmig und sind lateralwärts durch eine deutliche Rinne von dem Rest der Leibeswand getrennt (Taf. XXIV A, Fig 6). Als Auge liess sich erst bei heller Beleuchtung eine schwach vertiefte, von einem nach unten unterbrochenen Wall umgebene, durch ihre etwas bläuliche Farbe von der Umgebung abstechende Stelle erkennen. — Vom Ohr konnte ich nichts erkennen, von den Nasengrübchen ebensowenig. Die Spalte zwischen Oberkieferfortsatz und Schädel buchtet sich nach oben (hinten) zu einer rundlichen Vertiefung aus, hinter welcher ellenbogenartig von der Wurzel des Fortsatzes ein Wulst aufwärts steigt. — Die drei Visceralbogen sind an die starke, das Herz enthaltende Brustwölbung angedrückt.

Das hintere Körperende bildet einen stumpfen fingerförmigen, etwa $^1/_2{}^{mm}$ langen Vorsprung, der nach links und aufwärts gekrümmt ist. Ich

bin der Ansicht, dass das zugespitzte Schwanzende sich erst secundär aus diesem entwickele.

Die obere Extremität bildet noch eine mit breiter Basis aufsitzende Längsleiste. Ein Körpertheil, über dessen äussere Form ich im Unklaren geblieben bin, ist die untere Extremität. Auf der linken Seite war die wahrscheinliche Ansatzstelle derselben durch Bauchstiel und Dottersack verdeckt und rechts war daselbst in Folge der schon erwähnten Brüchigkeit des Embryo eine Verletzung entstanden, die mich die Verhältnisse nicht mehr deutlich erkennen liess.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XXIV (A).

Fig. 1. Das Ovulum in der Decidua reflexa, angeschnitten. Natürliche Grösse. Rechts der Embryo, durch die Oeffnung im Amnios sichtbar. Links der Dottersack.

Fig. 2. Das Ovulum herausgeschält, auf der Schnittfläche aufliegend. Natürliche Grösse.

Fig. 3. Der Embryo von der Bauchseite. *D* Dottersack, zum grösseren Theil weggeschnitten. *B* Bauchstiel. Circa sechsmalige Vergrösserung.

Fig. 4. Desgleichen, etwas mehr nach links herübergewendet, so dass die Communicationsöffnung zwischen Darm und Dottersack (Darmnabel) sichtbar ist. Bezeichnung und Vergrösserung die gleichen.

Fig. 5. Der Embryo von der linken Seite.

Fig. 6. Die Rückseite des Embryo, so wie sie durch die Eröffnung des Amnios sichtbar war. Man sieht die Rückenfurche von den Rückenwülsten begrenzt, nach vorn die Rautengrube. *A* Schnittrand des Amnios.

Fig. 7. Der hintere Theil der gleichen Ansicht, etwas stärker vergrössert.

Zur Kritik jüngerer menschlicher Embryonen.

Sendschreiben an Herrn Prof. W. Krause in Göttingen

von

Wilhelm His.

Geehrtester Herr College,

Zum Beweis einer blasenförmigen Allantois beim Menschen haben Sie vor einigen Jahren einen Embryo beschrieben und mehrfach abgebildet, über dessen Menschennatur ich Ihnen meine Zweifel schon damals brieflich äusserte. Sie wiesen dieselben durch die Bemerkung zurück, dass sie das Object von einem befreundeten Arzte erhalten hätten. Die sorgfältige Prüfung Ihrer verschiedenen Zeichnungen hat mich in der Folge zu dem Ergebniss geführt, dass Ihnen wahrscheinlich ein Vogelembryo vorgelegen habe. Ich hatte die Wahl zwischen der Annahme grober Zeichnungsfehler oder einer Präparatenverwechselung. Erstere zu behaupten, schien mir einem so namhaften Beobachter gegenüber unstatthaft, zudem da Ihre drei verschiedenen Darstellungen in den Hauptpunkten unter sich übereinstimmten. Von dem leichten Eintreten von Präparatenverwechselungen selbst durch relativ sachkundige Männer hatte ich in meiner eigenen Praxis bereits einige schlagende Beispiele erlebt.

Sie haben nun in zwei Erwiderungen[1] die Menschennatur Ihres Präparates und die daran sich anschliessenden Consequenzen aufrecht erhalten. Die Hauptschuld des Missverständnisses schieben Sie dem Lithographen und dem Holzschneider zu, welche Ihre Intentionen unrichtig wiedergegeben hätten, und folgerichtig suchen Sie durch neue, sorgfältig ausgeführte bildliche Darstellungen die Natur Ihres Objectes endgültig festzustellen.

Unmittelbar nach Ihrer ersten Entgegnung im *Zoologischen Anzeiger* habe ich mir erlaubt, nochmals brieflich einige Fragen an Sie zu richten,

[1] Carus, *Zoologischer Anzeiger*. Jahrg. 1880. S. 293; und *Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie*. Bd. XXXV. S. 130.



und Sie um deren Beantwortung in der in Aussicht gestellten Abhandlung zu bitten. Da meines Erachtens die thatsächliche Beantwortung dieser Fragen von entscheidendem Gewicht ist, so erleichtere ich mir die Auseinandersetzung, indem ich meinen Brief *in extenso* hier anfüge:

„Leipzig, d. 15/6. 80.

G. H. C. Aus Ihrer im *Zoologischen Anzeiger* veröffentlichten Mittheilung ersehe ich, dass Sie meine Deutung Ihres Embryo nicht acceptiren und ausserdem nehme ich mit Vergnügen Notiz von Ihrem Versprechen, einer ausführlicheren Darstellung. Vielleicht dient es zur rascheren Klärung der Sachlage, wenn ich Ihnen meinerseits die Gesichtspunkte auseinandersetze, auf die ich besonderes Gewicht lege. Dass dies brieflich und nicht öffentlich geschieht, mag Ihnen zam Beweis dienen, dass es mir um sichere Feststellung des Thatbestandes und nicht um eine persönliche Rechthaberei zu thun ist. Vorerst erlauben Sie mir nur wenige antikritische Bemerkungen:

1) An Stelle des Satzes: ich hätte einen sehr jungen menschlichen für einen Vogelembryo gehalten, dürfte doch wohl auch von Ihrem Standpunkt aus besser gesagt worden sein, ich hätte Ihre Zeichnung eines sehr jungen menschlichen Embryo für die eines Vogels gehalten. Dies besagt natürlich nicht ganz dasselbe, da Sie, entgegen meiner Voraussetzung, zugeben, Ihre Zeichnungen seien im oberen Theil nicht absolut genau.

2) Meine Beurtheilung Ihres Präparates bezieht sich nicht, wie Sie angeben, auf den späteren, 1876 publicirten Holzschnitt, sondern auf Ihre sämmtliche Zeichnungen. Ich habe wiederholt in meinem Texte auf deren Uebereinstimmung untereinander hingewiesen, und gerade die Figur *B*, auf welche Sie am meisten Gewicht legen, copirt und meiner Hühnchenzeichnung gegenüber gestellt. Der Kopftheil beider deckt sich fast genau und so ist

3) aus der Zeichnung auch nicht zu entnehmen, dass das Gehirn Ihres Embryo von dem eines Vogelembryo abweiche.

Den Schwerpunkt der thatsächlichen Entscheidung möchte ich in folgende Fragen stellen:

a) Haben Sie den Embryo innerhalb des Chorion erhalten, oder war derselbe schon frei, d. h. nur mit dem Amnion bekleidet, als er in Ihre Hände kam?

b) Ist es in letzterem Falle möglich, von dem einliefernden Arzte noch Notizen über die Hüllen zu bekommen?

c) Besitzt das Auge wirklich die bedeutenden, auf Ihren drei Zeichnungen übereinstimmend wiederkehrenden Dimensionen?

d) Sind die Schlundbogen in der That so kurz, dass sie kaum bis unter das Auge reichen?

e) Wie läuft das Steissende bei der Ansicht von links aus? und

f) wie kommt es, dass keine Andeutung eines Bauchstieles vorhanden ist, der doch schon bei viel jüngeren Embryonen als sehr auffällige Gebilde zu Tage tritt?

Nehmen Sie, geehrtester Herr College, an der etwas inquisitorisch aussehenden Form meiner Fragen kein Aergerniss. So sehr es mich natürlich freuen wird, wenn Sie mir persönlich antworten, so steht mir doch darauf keinerlei Anspruch zu und mein Wunsch geht nur dahin, dass Sie im Interesse rascher Klärung der Sachlage in Ihrer bevorstehenden Publication davon Notiz nehmen.

Für meine persönliche Orientirung würde es am förderlichsten sein, wenn Sie sich entschliessen könnten, mir Ihren Embryo auf einige Tage zur Ansicht zu senden. Der Transport in einem kleinen Glas, in Alkohol und mit etwas Watte ist völlig ungefährlich, und Sie dürfen überzeugt sein, dass ich das Präparat mit grösster Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit behandeln, und Ihnen dasselbe nach genommener Einsicht, bez. nach Aufnahme einiger Photographien und Prismazeichnungen unverletzt wieder zustellen würde. Auch würde ich Ihnen meine Ansicht darüber brieflich mittheilen und eine öffentliche Kundgebung nicht ohne Ihr Wissen vornehmen. Es ist dies eine Frage des persönlichen Vertrauens und Sie brauchen sich bei der Erwägung meines Vorschlages in keiner Weise behemmt zu fühlen.

Mit hochachtungsvollem Gruss Ihr ergebener

W. H.“

In Ihrer Antwort auf diesen Brief haben Sie mich auf Ihre in Vorbereitung befindliche ausführliche Mittheilung hingewiesen, und auch bei unserer persönlichen Begegnung am Anthropologencongress in Berlin habe ich den Eindruck erhalten, als ob Sie vor Erscheinen Ihres im Druck befindlichen Aufsatzes keine directe Auseinandersetzung wünschten. In dem nunmehr erschienenen Aufsatze finde ich indessen nur einen Theil der von mir gestellten Fragen berücksichtigt, und ich kann daher auch nicht zugeben, dass es Ihnen gelungen sei, über Ihr Object die von mir lebhaft gewünschte Klarheit zu verbreiten.

Schon die Bedeutung meiner beiden ersten, sicherlich für Sie leicht genug zu beantwortenden Fragen scheinen Sie unterschätzt zu haben, da Sie gar nicht darauf eingehen. Es ist mehr als eine Pedanterie, wenn die Schriftsteller, die bis dahin über jüngere menschliche Embryonen berichteten, jeweilen auch gemeldet haben, wie sie zu ihrem Präparate gelangt

sind, in welchem Zustande sie dasselbe erhalten haben und vor Allem auch, ob es zur Zeit der Einlieferung noch von Hüllen umgeben war. Auch sind anamnestische Daten über die letzte Periode der Mutter, über die Vorgänge, welche den Abortus einleiteten, über den langsamen oder raschen Verlauf des letzteren, obwohl nicht immer erhältlich, doch für die Beurtheilung der Frucht keineswegs gleichgültig. Wir befinden uns ja in der menschlichen Embryologie noch auf der Stufe, dass wir casuistisch verfahren, dass wir die brauchbaren Objecte einzeln prüfen und unter einander vergleichen müssen. Unter den Umständen ist es unerlässlich, ein jedes neue Document behufs seiner Beweisfähigkeit vor der Einführung in die Discussion in aller Form Rechtens zu legalisiren. Dies gilt vollends, wenn es sich um ein Document handelt, das, wie das Ihrige, allen übrigen, mit Einschluss der bestbeglaubigten, rundweg widerspricht. Würden Sie, oder würde Ihr, zur Zeit noch unbekannter ärztlicher Gewährsmann uns erzählen, Sie hätten den Abortus selbst eröffnet, das Chorion habe einen Durchmesser von so und so viel Millimeter gehabt, der Embryo hätte dem Rand des Chorion dicht angelegen, oder hätte von ihm abgestanden, er sei durch einen oder vielleicht auch durch keinen Stiel mit dem Chorion verbunden, aber noch völlig durchsichtig gewesen, so würde man mit diesen und mit anderen thatsächlichen Angaben rechnen können. Statt dessen führen Sie in Ihrer ersten Abhandlung den Embryo kurzweg als menschlichen ein;[1] in der Notiz im *Zoologischen Anzeiger*[2] beschränken Sie sich auf die Bemerkung seine „Abstammung vom Menschen sei subjectiv und objectiv leicht nachzuweisen“ und im letzten Aufsatze fällt das Hauptgewicht Ihrer Argumentation in die Bemerkung, dass ein Hühnchen von der Entwickelungsstufe Ihres Embryo andere Dimensionen besitze als dieser,[3] einen Satz, den ich, beiläufig bemerkt, unter Hinweis auf die Figuren 6 und 7 meines Werkes in Abrede stelle.[4]

Meine Frage in Betreff des grossen Auges beantworteten Sie nunmehr negativ. Sie geben zu, es sei hier ein Irrthum untergelaufen; die von Ihnen früher für das Auge gehaltene Vortreibung sei ein Gehirntheil und zwar die Kuppe die Grosshirnbläschens; der innere, als Linse interpretirbare Ring sei eine zufällige (?) Depression. Als wirkliches Auge sehen Sie einen Höcker an, der hinter der fraglichen Anschwellung und der Wurzel

---

[1] *Dies Archiv.* 1875. S. 215.

[2] *Zoolog. Anzeiger.* 1880. S. 283.

[3] *Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie.* Bd. XXXV. S. 138.

[4] Ihre Figur 4, ein Hühnchen vom 3. Tage, angeblich von gleicher Länge wie Ihr Embryo, zeigt den Hinterleib noch gestreckt; ein solches ist hinsichtlich seiner Längsdimension nicht ohne Weiteres mit einem Embryo zu vergleichen, dessen Hinterleib nach vorn umgeklappt ist.

des ersten Schlundbogens gelegen sei. Wenn Ihre Profilfigur 2 richtig ist, woran ich dies Mal ebenso wenig Grund habe zu zweifeln, als mir ein solcher gegenüber Ihren früheren Zeichnungen vorlag, so ist mir nicht verständlich, was für ein Hirntheil das angebliche Pseudoauge sein soll. Dasselbe liegt an der Basis des Zwischenhirns und hat vor sich einen, in der Figur $6^1/_2$ mm breiten Gehirnstreifen, den wohl jeder Unbefangene als Hemisphärenhirn deuten wird. Ich muss trotz Ihrer neuen Angaben Ihre erste Deutung des Auges für die richtigere halten, denn an dieser Stelle besitzt das Gehirn keine andere Vortreibung als eben das Auge. Unter diesen Umständen bleibt mir auch bis auf bessere Belehrung keine Möglichkeit, von meiner früheren Deutung Ihres Embryo zurückzukommen.

In Betreff der Schlundbogen verweisen Sie auf Ihre neue Figur 1, welche darthun soll, dass wenigstens der erste Schlundbogen „kräftig entwickelt“ sei und etwas über die übrigen hervortrete. Die fragliche Figur ist in Betreff des hinteren Körperendes durchaus instructiv, und es ist schade, dass Sie dieselbe nicht seiner Zeit gegen die Kölliker'sche Deutung in's Feld geführt haben, die dadurch weit sicherer beseitigt worden wäre als durch Ihre damalige Entgegnung. Was indess die Beurtheilung der Schlundbogenlänge betrifft, so gestehe ich, Ihrer Figur 1 nichts für die Menschennatur Ihres Embryo Entscheidendes entnehmen zu können. Der rechte Unterkieferfortsatz ist zwar in ziemlicher Breite sichtbar, aber in vorwiegend frontaler Richtung und die übrigen Schlundbogen sind durch das Amnion hindurch nicht zu sehen. Ihre Figur 2 aber zeigt alle unterscheidbaren Bogen in einer Kürze, wie sie bei menschlichen Embryonen niemals vorkommt. Um für sichere Vergleichung einen Anhaltspunkt zu bekommen, habe ich bei Ihrer Figur 2 und bei zweien meiner Profilfiguren, der des nur 4 mm langen Embryo *α* und der des 7 mm langen Embryo *B*, an verschiedenen Stellen die Kopftiefe gemessen und die procentischen Verhältnisszahlen aufgestellt. Anstatt der directen Maasszahlen theile ich die durch Division mit den Vergrösserungscoëfficienten (20 bez. 7) erhaltenen absoluten Werthe mit:

Die grösste Kopftiefe beträgt

	Bei meinem Embryo *α*	Bei meinem Embryo *B*	Bei Ihrem Embryo
Im Bereich des Vorderhirns	2 mm	2·9 mm	3·43 mm
„ „ „ Unterkieferbogens	1·5 mm	2·4 „	1·5 „
„ „ „ 2. Schlundbogens	1·38 mm	2·2 „	1·3 „

Das macht in Procenten der grössten Kopftiefe:

beim Unterkieferbogen	75 %	83 %	44 %
„ 2. Schlundbogen	68 %	76 %	$37^1/_2$ %

Mein Embryo *A* giebt wegen der durch den Alkohol erzeugten Einsenkung der Rautengrubendecke im Bereiche der Schlundbogen etwas geringere Tiefen (1·95 und 1·8 ^{mm}, bez. 67 und 62 $^0/_0$), aber immer noch solche, die weit über die Zahlen von Ihrem Embryo hinausgreifen.

Sowohl in Betreff des Auges als in Betreff der Schlundbogen wird man nicht umhin können, die Forderung zu stellen, dass einmal der Embryo seines trüben Amnionmantels entkleidet und nackt dargestellt werde; auch würde ich befürworten, dass nach vorausgegangener stereoskopischer Photographirung wenigstens der Kopf mikrotomirt werde. Sie laden die Fachgenossen zu einer embryologischen Conferenz nach Göttingen oder Cassel ein, um über Ihren Embryo zu Gericht zu sitzen. Bequemer wäre es allerdings gewesen, wenn Sie meinem, im Sommer brieflich ausgesprochenen Wunsche gefolgt und den Embryo nach Berlin mitgebracht hätten, wo der grössere Theil der von Ihnen genannten Herren (die Hrn. Ecker, Kollmann, Kupffer, ich selbst) und ausserdem noch viele andere urtheilsfähige Forscher beisammen waren. Ich werde mich meinerseits einer besonderen Conferenz nicht entziehen, möchte aber dann allerdings den Antrag stellen, dass Sie dieser das Recht zutheilen, über Ihren Embryo so zu verfügen, wie zu einer streng wissenschaftlichen Kenntnissnahme seiner Eigenthümlichkeiten erforderlich scheint, dass sie ihr bez. auch das Recht geben, denselben nach Aufnahme der nöthigen Photographien einem Unparteiischen zur Bearbeitung zuzuweisen.

Am eingreifendsten ist die Antwort, welche Sie auf meine Frage f geben. Die Erklärung, weshalb Ihr Embryo keinen am Chorion haftenden Bauchstiel besitze, finden Sie darin, dass alle bis jetzt beschriebenen dem Chorion anhaftenden jüngeren Embryonen pathologische seien. Um jegliches Missverständniss auszuschliessen, setze ich Ihren bezüglichen Passus *in extenso* her: „Kann, sagen Sie, über die Thatsache der freien Allantois beim Menschen kein Zweifel mehr bestehen, so fragt es sich noch, ob irgend welche andere Beobachtungen vorliegen, die mit jener Thatsache nicht in Uebereinstimmung zu bringen sind. Nun giebt es, wie allgemein bekannt, einige mehr oder weniger gute Beschreibungen von menschlichen Embryonen, die beträchtlich kleiner, so wie ihrer sonstigen Entwickelung zu Folge jünger waren als der meinige und gleichwohl eine solche Allantois nicht mehr zeigten.“

„Es ist nicht recht verständlich, weshalb His u. A. in dieser einfachen Sache Schwierigkeiten finden. Was liegt näher, als die Annahme, dass bei den letzterwähnten Embryonen der Dotterkreislauf frühzeitig zerstört wurde? In Folge davon blieben die Embryonen in ihrer Entwickelung stehen, verkümmerten und es traten mitunter Unregelmässigkeiten in der Form und Grösse einzelner Körpertheile auf: die Allantois bildete sich relativ zu früh,

um die hydraulische Störung auszugleichen, und das Ende war Absterben des Embryo nebst Abortus. Ob die Annahme solcher Störungen bei abortirten also pathalogischen Eiern zulässig, resp. naheliegend ist, darüber dürfte wohl keine Verschiedenheit der Meinung bestehen."

„Es sind hiernach nur diejenigen menschlichen Embryonen für normal zu halten, welche sich nicht nur an den meinigen, sondern auch an den oben citirten von R. Wagner und namentlich an die für gewöhnlich regelrecht entwickelten thierischen Embryonen anschliessen lassen."

„Diese letzte Auseinandersetzung läuft auf den eigentlich von selbst sich verstehenden Satz hinaus: Frühzeitige Verwachsungen des Embryo mit dem Chorion sind pathologisch. Beim Menschen sind solche nicht selten und wahrscheinlich Veranlassung zu Abortus."

Es ist ein kühner Vormarsch in das gegnerische Gebiet, den Sie da unternommen haben. An allen hemmenden Positionen vorbeigehend, setzen Sie Ihren Embryo, trotz seiner bis zum heutigen Tage fehlenden Legitimirung, in die Mitte des zu beherrschenden Gebietes. Was zu ihm passt gilt, was nicht zu ihm passt wird verworfen. Die wissenschaftliche Beweiskraft der bis jetzt bekannten menschlichen Embryonen, die jünger sind als der Ihrige und die doch mit dem Chorion zusammengehangen haben, wird als hinfällig erklärt und so ist fortan folgender, bis jetzt grossentheils gut accreditirter Gesellschaft der Abschied zu ertheilen:

1 u. 2) meinen Embryonen *E* und *SR*.
3) dem berühmten Coste'schen Embryo (Taf. II seines Atlas),
4 u. 5) dem Embryo 3 von Allen Thomson und meinem Embryo *M*,
6) dem Embryo von Joh. Müller,
7) dem Embryo II*a* von Coste,
8) meinem Embryo *a*,
9) dem von Kölliker[1] abgebildeten Embryo 4 von Allen Thomson,
10) dem im voranstehenden Aufsatze beschriebenen Embryo von A. Ecker.

Den Hensen'schen Embryo suchen Sie zwar zu retten, indem Sie ihn für älter erklären, als den Ihrigen. Dies ist aber deshalb nicht statthaft, weil jener $4^1/_2$ ^{mm}, der Ihrige 8 ^{mm} lang ist und weil bei jenem die grösste Kopftiefe kaum 2 ^{mm}, beim Ihrigen circa 3·4 ^{mm} beträgt. Auch meine Embryonen *A* und *B* lassen sich, weder den Längenmaassen noch den Kopfmaassen nach, über den Ihrigen heraufsetzen und so werden auch sie mit verschiedenen anderen ihrer Altersgenossen Ihrem Verdicte zu fallen haben. Was nach all diesen Ausscheidungen übrig bleibt, ist wenig genug:

---

[1] *Entwickelungsgeschichte*. 2. Aufl. S. 311, Figg. 330 und 631.

die beiden Embryonen von Allen Thomson sind zum mindesten anrüchig, da ja auch von ihnen gemeldet wird, sie hätten durch festeres Gewebe dem Chorion angehaftet. Der Wagner'sche wird zwar von Ihnen ausdrücklich anerkannt, verdient dies indess nur halb, da er, obwohl notorisch jünger als der Ihrige, einen unzweifelhaften Bauchstiel besessen hat. Wenn ich die richtigen Consequenzen aus ihren Sätzen ableite, so bleibt überhaupt Nichts anderes übrig, als mit der bisherigen menschlichen Embryologie zu brechen und von Ihrem Embryo aus, als dem jüngsten bis jetzt bekannten normalen menschlichen einen neuen Anfang zu machen.

Ob Ihnen viele Sachkundige auf Ihrem Marsche folgen und Ihre neue Position stützen werden, das muss die Folge lehren. Ich selbst war Anfangs entschlossen, die Entscheidung der Zeit zu überlassen, und wenn ich meinem ursprünglichen Plane entgegen, nun gleichwohl die Feder zu einer Entgegnung ergriffen habe, so bin ich wesentlich durch die Betrachtung bestimmt worden, dass an die Besprechung Ihrer Behauptungen, sehr naturgemäss die Discusion einer nicht minder wichtigen als dringlichen Frage sich anknüpfen lässt, die Frage nämlich, nach welchen Principien wir die Beweisfähigkeit jüngerer menschlicher Embryonen zu beurtheilen haben. Alle erfahrenen Beobachter haben sich diese Frage gestellt und wohl auch in nicht allzu abweichender Weise beantwortet; gleichwohl ist dieselbe bis jetzt nicht zur öffentlichen Discussion gelangt, und bei diesem Mangel an öffentlich besprochenen und anerkannten kritischen Grundsätzen ist das, was durch die bisherige Forschung als geordneter Bestand des Wissens gesichert zu sein scheint, jeden Augenblick in Gefahr durch unkritische oder durch überkritische Windstösse wieder in's Schwanken gebracht zu werden.

Die grosse Mehrzahl der Embryonen, welche der Beobachtung zufallen, entstammen bekanntlich abortiv ausgestossenen Früchten. Eine kleine Zahl von nicht unwichtigen Objecten haben sich den Leichen rasch verstorbener Frauen entnehmen lassen, dahin gehören als aus dem ersten Monat stammend: die von Reichert beschriebene jüngste aller bekannten menschlichen Früchte und der schöne Embryo II *a* von Coste. Aus dem zweiten Monate enthält der Coste'sche Atlas gleichfalls einige Repräsentanten (IV *a* u. V *a*), auch Ecker (*Icones physiol.* Taf. XXVI, Fig. 13) zeichnet einen solchen; einen sehr schönen Uterus mit innenliegendem circa fünfwöchenlichem Embryo besitzt ferner die hiesige Sammlung.

In Betreff der abortiv ausgestossenen Früchte lehrt nun die Erfahrung, dass ein grosser Theil derselben Missbildungen enthält. Jeder Forscher, der sich die Mühe des genaueren Nachsehens genommen hat, verfügt wohl über eine Reihe von bezüglichen Beispielen; ich habe seit Jahren eine kleine Sammlung zum Theil höchst sonderbarer, aus Aborten gesammelter

Missbildungen, und ich weiss von Collegen Ecker, dass auch er davon eine Anzahl besitzt. Die Bearbeitung dieser Missbildungen vermag allem Anscheine nach der Teratologie neue Abschnitte beizufügen. Die zur Reife gebrachten Missbildungen nämlich, die bis dahin fast ausschliesslich der Gegenstand teratologischer Forschung gewesen sind, mussten für die ganze Zeit intrauterinen Leben, oder auch über dieses hinaus lebensfähig sein. Embryonen dagegen, die schon in den ersten Wochen absterben, können Organisationsstörungen darbieten, welche auch den allerersten Lebensbedingungen nicht zu genügen vermochten. Die Häufigkeit der Missbildungen in abortiv ausgestossenen Früchten findet ihre Paralelle in den Erfahrungen Panum's,[1] wonach befruchtete und in der Entwickelung stehen gebliebene Hühnereier grösstentheils Missbildungen enthalten.

Ist es nun richtig, dass in nicht seltenen Fällen die Entwickelung des Embryo eine fehlerhafte ist, dieser in Folge davon abstirbt und weiterhin ausgestossen wird, so ergiebt sich ein doppeltes Motiv des Abortirens:

1) Abortus in Folge fehlerhafter Entwickelung des Embryo,

2) Abortus in Folge von Schädlichkeiten, welche die Mutter getroffen haben.

Wo bei letzteren die den Abortus erzeugende Schädlichkeit als eine plötzliche, z. B. als Schreck, Fall oder auch Krankheit direct nachweisbar ist, da wird der Inhalt des Abortus offenbar mit derselben Wahrscheinlichkeit für normal gehalten werden können, wie wenn es sich um den Uterusinhalt einer plötzlich vorstorbenen Frau handelt. Allein auch dann, wenn uterine Erkrankungen die Ursache des Abortus sind, liegt kein Grund vor, ihnen einen formgestaltenden Einfluss auf den Embryo zuzuschreiben; ihr Einfluss wird sich voraussichtlich auf die Ernährung des letzteren beschränken. Wenn diese zeitweise ungenügend oder unterbrochen ist, so wird eben der Embryo absterben und kann dann ebenso gut wie die aus innerem Grunde abgestorbene Missbildung noch eine Zeit lang im Uterus zurückbleiben, ehe die definitive Ausstossung erfolgt.

Es ist allen Beobachtern bekannt, dass man sehr häufig einem Missverhältnisse zwischen den Eihäuten und den von ihnen umschlossenen Embryonen begegnet. Das Chorion, und auch das Amnion können weite Säcke bilden um einen sehr kleinen Embryo herum. Oft ist das Missverhältniss so bedeutend, dass eine Fruchthöhle von 5—6 ^{cm} ein embryonales Gebilde von nur einigen Millimeter umschliessen, letzteres findet man stets dem Chorion anliegend und durch einen festen Gewebsstrang mit ihm verbunden. Absolut leere Chorionhöhlen scheinen zwar vorzukommen, indess sind sie keineswegs sehr häufig. Von einigen Autoren wird ziemlich frei-

[1] S. dessen *Untersuch. über die Entstehung der Missbildungen.* Berlin 1860.

gebig über eine intrachoriale Resorption von Embryonen verfügt; bis jetzt liegen für eine solche keine Beweise vor und dieselben müssen erst noch aufgesucht werden. Wenn wir in einem Chorion, dessen Weite der einer 4—6 wöchentlichen Frucht entspricht, einen zurückgebliebenen Embryo finden, dessen Entwickelungsstufe kaum auf zwei bis drei Wochen hinweist, so zeigt dies, dass die Resorption einmal gebildeter Embryonen keineswegs als selbstverständlicher Vorgang hingestellt werden kann. Auffallend bleibt es auch, dass solche abgestorbene Embryonen nicht einer fauligen Zersetzung oder doch mindestens einem Macerationszerfall anheimfallen, so lange das Chorion seine normale Verbindung mit der Uteruswand unterhält. Nicht als ob man nicht auch macerirten oder selbst gefaulten Früchten begegnete. Solche finden sich besonders von der Zeit ab nicht selten, wo bereits eine Placenta angelegt ist. Bei zersetzten Früchten aber pflegen ausser den Embryonen die Hüllen an der Zersetzung mit Theil zu nehmen, und daraus ist der Schluss zu ziehen, dass die Zersetzung nicht sowohl eine Folge vom Absterben des Embryo ist, als eine solche der Ablösung des Chorion bez. der Placenta vom ernährenden Boden des Uterus. Bleibt nach Unterbrechung der Ernährungszufuhr die Frucht noch eine Zeit lang im Uterus zurück, so verhält sie sich nicht anders, denn ein in demselben befindlicher, fäulnissfähiger Fremdkörper sich verhalten würde.

Im Allgemeinen werden jene Vorgänge, welche die Lösung von der Uteruswand einleiten, durch Blutungen sich verrathen und in einzelnen Fällen mag der Zeitpunkt der zuerst aufgetretenen Blutung auch den Termin bezeichnen, an dem der Embryo abstarb. Dies ist jedoch keinesfalls eine durchgreifende Regel, vielmehr können uterine Blutungen stattfinden, welche das Leben des Embryo nicht im Geringsten beeinträchtigen; manche Frauen werden, wie die Aerzte wissen, glückliche Mütter, die im Beginn ihrer Schwangerschaft durch Blutungen beunruhigt worden sind. Von zwei meiner schönsten, aus der ersten Woche stammenden Embryonen ist es sicher, dass sie erst zur Zeit der Ausstossung können abgestorben sein, während uterine Blutung in dem einen Falle Tage, in dem anderen Falle Wochen lang dem Abortus vorausgegangen sind.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen werden wir somit folgende Unterscheidung machen können:

1) Die Embryonen sind missbildet und in Folge davon mehr oder weniger lang vor den Fruchthüllen abgestorben.

2) Die Embryonen sind durch Ernährungsstörungen abgestorben. Die Hüllen haben eine Zeitlang weiter vegetirt, ehe die Ausstossung der Frucht erfolgte.

3) Embryonen und Fruchthüllen sind in ihrer Ernährung gleichzeitig sistirt, aber noch eine Zeitlang im Uterus zurückbehalten worden.

4) Die Embryonen werden noch im überlebenden Zustande oder kurz nach ihrem Absterben ausgestossen.

Der erste von den oben aufgezähltsn Fällen charakterisirt sich durch das Missverhältniss zwischen der Entwickelung des Embryo und seiner Häute und durch die meist sehr auffälligen Formstörungen des ersteren. Ebenso wird das Missverhältniss zwischen dem Embryo und seinen Häuten im zweiten Falle vorhanden sein. Im dritten Falle finden wir einen mehr oder weniger macerirten, trüb aussehenden Embryo, an welchem in Folge der Erweichung secundäre Formstörungen können eingetreten sein. Der vierte Fall wird uns ein Material von erwünschter Beschaffenheit gewähren, unter der Voraussetzung allerdings, dass uns der Abortus bald eingeliefert, oder dass er vor der Einlieferung verständig behandelt wird. Der schönste Embryo geht selbstverständlich zu Grunde, wenn er, wie dies leider auch nicht selten vorkommt, erst Tage lang liegen gelassen, oder in allzuschwachen Alkohol oder wohl gar in Wasser gesetzt wird. Das Endergebniss unter solchen Umständen ist dasselbe wie im dritten der oben aufgezählten Fälle, der Embryo wird macerirt in unsere Hände gelangen.

Es ist nicht unzweckmässig, die bei der Maceration von Embryonen eintretenden Folgen einzeln in's Auge zu fassen. Zunächst wird der Embryo trübe; was man zuvor von inneren Organen durch die Hautdecke hindurch zu sehen vermochte, wie die Grenzen der Gehirntheile, der Verlauf von Blutgefässen u. s. w. wird unsichtbar, an der Oberfläche kommt es zur Abschilferung von Epidermisfetzchen und bald schwindet auch die scharfe Ausprägung der Oberflächenform. Die Abgrenzung der Schlundbogen, die Contouren der Gehöröffnung, die Zeichnung der Urwirbel und die ersten Andeutungen von Finger- und Zehengliederung an den Extremitäten werden undeutlich und verlieren sich. Bei eintretender Erweichung des Embryo treten sodann abnorme Biegungen ein. Bei Embryonen des zweiten Monats ist es besonders die Kopfbrustbeuge, welche aufklappt, unter gleichzeitiger mehr oder weniger tief greifender Einreissung der Halsgebilde. Selbst innerhalb des uneröffneten Chorions kann der Kopf durch Erschütterung, die das Ei beim Transport erleidet, abreissen. Ebenso wird in Folge des Zuges, den der fixirte Nabelstrang bei Bewegungen des Embryo auf diesen ausübt, die Bauchwand neben dem Nabelstrang eingerissen. In einem Falle habe ich an einer durch die Bahn mir zugesandten Frucht den Nabelstrang mitsammt dem Eingeweidekern vom übrigen Körper losgerissen gefunden. Bei jüngeren Embryonen aus der dritten Woche führt die Erweichung zur Aufklappung des zu der Zeit bereits nach vorn umgebogenen Beckenendes des Körpers und, im Zusammenhange damit, zu einer mehr oder minder ausgesprochenen Einknickung des Rückens. Auf diese postmortal entstehenden Aufklappungen des hinteren Körperendes

habe ich schon in meiner *Anatomie menschlicher Embryonen*[1] aufmerksam gemacht. Dieselbe zeigte sich bei dem einen von Allen Thomson's Embryonen (seiner Nr. 3) und bei einem 3·2 mm langen Embryo, den ich Hrn. Dr. Strümpell verdankte. In Betreff des Embryo von Joh. Müller glaubte ich die Möglichkeit offen halten zu müssen, dass jene Aufklappung im Interesse des Nachweises der Verbindung von Darm- und Nabelblase künstlich erzeugt worden sei, während ich kein Bedenken trug, den Wagner'schen Embryo, auf den Sie gerade besonderen Werth legen, für abnorm verändert zu erklären.

Dass im macerirten Embryo die histologischen und die Organabgrenzungen sich mehr und mehr verwischen, bedarf kaum einer besonderen Erwähnung. Solche Objecte, auch wenn sie nachträglich künstlich gehärtet werden, geben für die Schnittbetrachtung unvollkommene Ergebnisse. Zuerst pflegt das Gehirn und weiterhin auch das Rückenmark zu leiden; diese Organe falten sich und zerreissen theilweise, während die Knorpelgebilde, falls schon vorhanden, lange Zeit widerstehen. Auch bei nicht macerirten, frühzeitig intrauterin abgestorbenen Embryonen scheinen, soweit meine Erfahrungen reichen, die histologischen Grenzen mehr und mehr sich zu verwischen und selbst die Körperhöhlen sich zurückzubilden. Ich disponire in der Hinsicht nur über beiläufig gemachte Erfahrungen und so halte ich diesen Punkt noch für einer eingehenden Untersuchung bedürftig.

Bei Beurtheilung eines concreten Falles werden sich folgende Anhaltspunkte als für die normale Natur eines Embryo sprechend ergeben:

1) Die Grössenverhältnisse der Hüllen: alle bis jetzt bekannt gewordenen, unzweifelhaft guten Embryonen des ersten Monats sind von Amnion knapp umkleidet gewesen. Ungefähr von der fünften Woche ab hebt sich, unter gleichzeitiger Verlängerung des Bauchstieles das Amnion etwas vom Körper ab, anfangs nur um wenige Millimeter. Das Chorion von Embryonen vom Ende der zweiten und dem Beginn der dritten Woche zeigte in den bestbekannten Fällen Durchmesser von 6 bis 13 mm. Im Verlaufe der vierten Woche betrugen die Durchmesser von 1·8 bis 3 cm. Wo also bei bestimmter Embryonalentwickelung das Chorion allein, oder Chorion und Amnion in ihren Dimensionen die angegebenen Grenzen wesentlich überschreiten, da wird man allen Grund haben, den eingeschlossenen Embryo nur mit Vorsicht zu benützen.

2) Wenn ein Embryo in noch durchsichtigem oder in stark durchschimmernden Zustand in unsere Hände gelangt, so kann man ohne Weiteres daraus schliessen, dass er vor Kurzem abgestorben, bez. durch den Act des Abortirens selbst in seinem Leben unterbrochen worden ist. Ein

[1] S. 160 und S. 163.

solcher Embryo ist mit Wahrscheinlichkeit als normal zu betrachten. Mehrere der jüngeren Coste'schen Embryonen, und vor allem seine II, II*a* und III, sind offenbar noch durchsichtig in des Beobachters Hände gelangt, da er sonst nicht im Stande gewesen wäre, das reiche Detail daran wahrzunehmen, das seine Tafeln darstellen. Auch mein Embryo *α* war noch durchsichtig, als ich ihn erhielt. Ueber Embryo *M*, der ja auch frisch in meine Hände gelangte, habe ich leider keine schriftlichen Aufzeichnungen und ich vermag daher über seine Durchsichtigkeit keine positive Angaben zu machen.

3) An Spirituspräparaten ist die Durchsichtigkeit natürlich nicht mehr vorhanden, gleichwohl verräth sich auch an solchen, ob sie frisch eingelegt worden sind. Ein bald nach dem Absterben eingelegter Embryo zeigt noch die scharfgeschnittenen Formen der Oberfläche. Bei starkem Licht und besonders mit Abbe's Dunkelfeldbeleuchtung ist man im Stande, die Verzweigungen oberflächlicher Gefässe oder anderes inneres Detail deutlich wahrzunehmen, und unter allen Umständen wird ein solches Präparat bei der Mikrotomirung scharf gezeichnete histologische und Organabgrenzungen zeigen.

In Betreff völlig normalen Charakters werden Durchsichtigkeit und histologische Integrität eines Embryo keine absolute Gewissheit, sondern nur Wahrscheinlichkeit gewähren, denn so gut lebensfähige Missbildungen überhaupt geboren werden, eben so gut können sie auch, aus Gründen, die ausserhalb ihrer Natur liegen, abortiv ausgetrieben werden. Bei einem im Uebrigen wohlgebildeten 6 bis 7 wöchentlichen Embryo habe ich einseitige Verkümmerung der Gaumenanlage, also die Vorbedingungen zur Wolfsrachenbildung, bei einem anderen nur $7^1/_2{}^{mm}$ langen, histologisch vorzüglich conservirten Embryo eine Verbildung des Unterkiefers beobachtet.

4) Die wichtigste Controle ergiebt sich aus der Vergleichung der verschiedenen, im Uebrigen als gut erscheinenden Embryonen unter einander. Wenn wir für eine gegebene Entwickelungsstufe mehrere in ihren Eigenthümlichkeiten übereinstimmende Repräsentanten haben, wie z. B. die Embryonen Coste II*a*, Allen Thomson 3 und meinen Embryo *α*, so können wir über die wirkliche Norm der betreffenden Stufe kaum im Zweifel sein. Ebenso wird sich der Zusammenhang verschieden weitentwickelter Formen unter einander völlig ungezwungen ergeben, wenn dieselben in Form und Grössenverhältnissen ihrer Theile einen natürlichen Fortschritt zeigen. Nach dem Vorgange anderer Forscher bin ich in meiner grösseren Arbeit bemüht gewesen, das Material mitgetheilter Beobachtung kritisch zu sichten; dabei habe ich in einem der Schlussartikel die bis jetzt bekannten brauchbaren jüngeren Embryonen nach Entwickelungsstadien geordnet zusammengestellt, und ich glaube zum Ergebniss gelangt zu sein, dass wir, wenigstens für die zweite Hälfte des ersten Monats eine ziemlich continuirliche Entwickelungsfolge gut beobachteter und normaler menschlicher Embryonen

kennen. Nun hat Ihnen zwar meine dortige Darstellung keinen Eindruck gemacht und Sie haben demnach versucht, zur Rettung Ihres Embryo Alles das, was man bis dahin als 'gutes Material angesehen hat, kurzweg über Bord zu werfen. Immerhin sind Sie vielleicht durch meine diesmaligen Auseinandersetzungen überzeugt worden, dass es vor Allem Noth thut, Ihren eigenen Embryo einmal sicher zu stellen und demselben die so lange vorenthaltene Legitimation zu geben. Im Interesse ferner seiner wissenschaftlichen Beweiskraft werden Sie nicht länger zögern dürfen, ihn seines Amnion zu entkleiden und denselben einer eingehenden, den Methoden heutiger Wissenschaft ensprechenden Bearbeitung zu unterziehen oder unterziehen zu lassen.

Mit hochachtungsvollem Grusse

W. His.

Leipzig, im December 1880.

Besitzt der menschliche Embryo einen Schwanz?

Briefliche Mittheilung an W. His

von

A. Ecker.

(Hierzu Tafel XXIII und XXIV B.)

Lieber Freund und College!

Gestatten Sie mir, die obige Ueberschrift eines Capitels Ihrer trefflichen *Anatomie menschlicher Embryonen* auch dieser kleinen Epistel als Titel vorzusetzen, da sich diese doch wesentlich an jene anschliesst.

Ich beabsichtige, in derselben nur einige kleine erläuternde Nachträge zu meiner früheren Abhandlung über diesen Gegenstand[1] zu liefern und dieselben durch getreue Bilder zu illustriren, zur Stütze meiner Meinung, dass die vorgenannte frageweise Ueberschrift: „Besitzt der menschliche Embryo einen Schwanz?" wohl in die affirmative: „Der menschliche Embryo besitzt einen Schwanz" umgewandelt werden dürfe.

Zur besseren Uebersicht will ich den Inhalt meiner kleinen Epistel in folgende Abtheilungen bringen:

1) Aeussere Form des hinteren Körperendes (Schwanzes) bei jungen menschlichen Embryonen. 2) Bau desselben. 3) Steisshöcker. 4) Reduction des Schwanzendes. 5) Bau des Schwanzendes bei Säugethierembryonen. 6) Rückblick.

---

[1] Der Steisshaarwirbel u. s. w. *Archiv für Anthropologie.* Bd. XII. S. 129. Taf. III und IV.

I. Aeussere Form des hinteren Körperendes (Schwanzes) bei jungen menschlichen Embryonen.

1) Zunächst weise ich in dieser Hinsicht auf die in Figur 1 und 2 der Tafel XXIII gegebene photographischen Abbildungen des 12·5^mm langen Embryo hin, welcher sich schon in der oben erwähnten Abhandlung (S. 141 *D*. 27) beschrieben und (Taf. IV, Figg. 19 und 20) abgebildet findet. Derselbe ist, seitdem er in frischem Zustande gezeichnet wurde, allerdings etwas geschrumpft, doch im Uebrigen vollkommen gut erhalten. Ich glaube nicht, dass man, auch bei vorsichtigster Ausdrucksweise, diesen Embryo anders als geschwänzt wird bezeichnen können, wie Sie dies ja auch bei Ihrem letzten Besuch in Freiburg, in den Osterferien dieses Jahres, zugegeben haben, indem Sie scherzweise äusserten, die badischen Embryonen seien in der That, wie es scheine, anders beschaffen als andere deutsche. Dass das zugespitzte Endstück des in Rede stehenden Fortsatzes wenigstens äusserlich keine Segmentirung mehr erkennen lässt, ist deutlich wahrnehmbar. Ein Absatz zwischen dem letzten zugespitzten Ende des Schwanzes und der noch segmentirten Basis desselben, welche etwa eine besondere Bezeichnung desselben (als Schwanzfaden) rechtfertigte, existirt, wenigstens äusserlich, durchaus nicht.

2) Weiter gebe ich in Fig. 1 der Taf. XXIV B die Abbildung des hinteren Körperendes eines 11^mm langen Embryo, an welchem ebenfalls keinerlei Absatz zwischen Basis und Spitze des frei hervorstehenden „Schwanzes“, sondern nur eine ganz allmähliche Verjüngung wahrzunehmen ist. Der Schwanz hebt sich in diesem Falle ganz besonders gut von dem Genitalhöcker ab, und die Segmentirung hört auch hier ansehnlich weit von der Schwanzspitze schon auf. Um dieses Verhältniss noch deutlicher zu zeigen, habe ich den Stummel der unteren Extremität ganz nahe an seinem Ursprung abgetragen, so dass man in der Figur nur den Querschnitt derselben (*F*) sieht. — Endlich will ich nicht unterlassen, hierbei nochmals auf die Abbildungen in meinen *Icones physiologicae*, insbesondere auf Taf. XXVI zu verweisen.

In allen den vorgenannten Fällen geht das untere Körperende in eine ganz allmählich sich verjüngende, durch keinerlei Absatz markirte schwanzförmige Verlängerung aus. In anderen Fällen verlässt das freie Ende die ursprüngliche Richtung, ist seitlich oder nach unten und hinten umgebogen, ohne dass aber auch hier ein Absatz des umgebogenen Endes von der Basis sichtbar wäre. Dahin sind die folgenden beiden Fälle zu zählen:

a. Embryo von 14^mm Länge (Taf. XXIV B, Figg. 2 und 3). Ich habe denselben noch vom Amnios umgeben erhalten und sofort so abgebildet.

(In Fig. 2 ist derselbe in natürlicher Grösse, in Fig. 3 vergrössert von vorne abgebildet.) Die Gehirnabtheilungen sind ungemein deutlich; die vordere Extremität bildet eine gestielte Platte, deren Rand ganz schwache Figereinschnitte zeigt. Die Schaufel der hinteren Extremität ist nicht so platt, wie die vordere, und auch keineswegs so abgerundet, wie sie manchmal dargestellt wird; an dieser sind noch keine Zeheneinschnitte vorhanden. Das konische Leibesende ist nach vorne umgekrümmt und seine Bauchfläche legt sich an einen ansehnlichen Vorsprung des Unterleibes, den Genitalhöcker, an; zwischen diesem und dem Schwanzende findet sich ein tiefer Einschnitt, an welchem es mir aber — selbst bei heller Beleuchtung — nicht möglich war, die Cloakenöffnung zu erkennen. Die Spitze des konischen Leibesendes biegt, sich verjüngend, nach der rechten Seite ab. Der Genitalhöcker ist selbst wieder durch eine Querfurche von dem darüberliegenden Bauchstiel abgetrennt.

b. Der zweite Fall der Art ist auf Taf. XXIV B, Figg. 4 und 5 dargestellt. Die Figur 4 stellt in Umrissen den ganzen Embryo und Figur 5 das untere Körperende stark vergrössert dar. Das Schwanzende dieses Embryo biegt sich plötzlich stark nach unten um und ist dadurch von der Basis etwas abgesetzt, obgleich auch hier eine eigentliche plötzliche Verjüngung, wie etwa bei dem nachher zu besprechenden „Schwanzfaden" mancher Säugethierembryonen, durchaus nicht wahrzunehmen ist. In Folge der Umbiegung des Schwanzendes steht der Genitalhöcker mit der spaltenförmigen Cloakenöffnung stark hervor.

II. Bau des Schwanzendes ganz junger menschlicher Embryonen.

In Tafel XXIV B, Fig. 7 gebe ich das mikroskopische Bild des Schwanzendes des in meiner früheren Abhandlung (a. a. O. S. 141, *D. n.* 28) erwähnten, angeblich sechswöchentlichen Embryo von 9^{mm} Länge. Das abgeschnittene 1·40^{mm} lange Schwanzende zeigt die folgenden Verhältnisse. Zunächst sieht man aussen einen Saum von quergelagerten Zellen (Hornblatt *H*). Darauf folgt eine mehrfach geschichtete Zellenlage (*M*). Nicht ganz in der Mitte verläuft ein gegen das Schwanzende sich allmählich zuspitzender Strang, bestehend aus einer kernhaltigen Scheide und innerhalb dieser gelagerten querovalen Zellen (Chorda dorsalis, *Ch*). Zwischen der Chorda und der Zellenlage *M* (Cutisanlage?) befand sich ein gleichmässiges, jedenfalls nicht in Segmente abgetheiltes Zellenblastem. Der Durchmesser des Schwanzes in der Höhe der Linie *a b* betrug 0·70^{mm}, in der Höhe der Linie *ed* 0·30^{mm},

der Durchmesser der Chorda 0·05^{mm}. Am Schnittende stand ein isolirtes Stück Chorda hervor. Es zeigt also, wie das äussere Ansehen, so auch der innere Bau, dass das letzte Stück des Schwanzes keine Wirbelsegmente mehr enthält, sondern nur aus Chorda mit umgebendem Blastem und Hornblatt besteht. Ob ein Theil dieses Blastems als Fortsetzung des Medullarrohrs zu bezeichnen sei, wage ich nicht zu entscheiden.

In Figur 3 der beigegebenen Tafel XXIII ist der Durchschnitt des unteren Körperendes eines 8^{mm} langen Embryo nach mikrophotographischer Aufnahme gegeben. Leider ist das äusserste Ende bei dem Schnitt abgebrochen und dieser hat, offenbar in Folge einer seitlichen Abbiegung des Schwanzendes, weiter unten nicht mehr die Mitte desselben getroffen. Man kann daher die Chorda nicht über die zwei ersten Drittel des frei vorstehenden Schwanzendes hinaus verfolgen, indem sie plötzlich aufzuhören scheint. Darüber hinaus ist aber auch keine deutliche Abgrenzung in Wirbel mehr zu verfolgen. Obschon daher dieses Bild keineswegs so beweisend ist, wie das vorher erwähnte (Taf. XXIV B, Fig. 7), so habe ich doch geglaubt, dasselbe als ganz naturgetreues photographisches aufnehmen zu sollen.

III. Steisshöcker.

In meiner mehrfach citirten Abhandlung habe ich (S. 144, Zeile 2 von oben) gesagt: „Ich glaube in der That nicht, dass irgend Jemand daran zweifeln könne, dass dieser Höcker durch eine Reduction des schwanzförmigen Anhangs entstehe.“ Wie diese Reduction vor sich gehe, das will ich in folgendem Abschnitt zu erläutern versuchen. An dieser Stelle will ich nur hervorheben, dass dieser Höcker bisweilen noch bei drei- und selbst viermonatlichen Foetus sehr deutlich wahrnehmbar ist, wie dies die photographischen Abbildungen eines viermonatlichen Foetus (Taf. XXIII, Fig. 7) und die eines dreimonatlichen (Fig 8) erklären lassen. Um solche Verhältnisse zu erkennen, taugen jedoch einmal nur ganz frische Foetus, die noch ihre ganze Lebensturgescenz haben und dann müssen dieselben sofort in 1$^0/_0$ Chromsäure gelegt werden, in welcher sich die natürlichen Formen ohne alle Einschrumpfung erhalten. Schon längere Zeit abgestorbene Foetus, oder solche, welche in Weingeist gelegen haben, sind hierzu durchaus ungeeignet. Ich will jedoch nicht unterlassen, darauf aufmerksam zu machen, dass auch noch ein anderer Umstand zur Bildung eines stärker hervorstehenden Steisshöckers mitwirken kann. Dass Kreuz- und Steissbein eine viel geradere Richtung haben als später, habe ich am gleichen Orte S. 145 gezeigt und in Taf. IV, Fig. 29 bildlich dargestellt. Es ist in dieser Figur

nicht zu verkennen, dass diese Stellung des Steissbeines auf das Vorstehen des hier senkrecht durchschnittenen Steisshöckers nicht ohne Einfluss ist.[1] Wenn Rosenberg (a. a. O.) sagt, dass der Steisshöcker nicht eigentlich „schwinde“, sondern nur durch das Wachsthum der Umgebung „verschwinde“, so enthält diese Behauptung allerdings auch einen Theil Wahrheit (vergleiche auch meine Bemerkung auf S. 145 meiner Abhandlung), allein keineswegs die ganze.

IV. Reduction des Schwanzendes.

Vergleicht man das Bild des in Fig. 7 abgebildeten Schwanzendes eines 9^{mm} langen menschlichen Embryo, welches nur aus einem ungegliederten vom Hornblatt umgebenen und die Chorda einschliessenden Zellenblastem besteht, mit den Durchschnittsbildern des Schwanzendes eines älteren Embryo in Figg. 4, 5 und 6 der Taf. XXIII, so wird man wohl die Annahme gerechtfertigt finden müssen, dass das über die Wirbel hinausragende Ende der Chorda dorsalis, weil — um einen Ausdruck M. Braun's[2] zu gebrauchen — „zu lang angelegt“, sich biege, zu einer Schlinge oder einem Knäuel aufwickele, während das umgebende Gewebe allmählig schwindet.

V. Bau des Schwanzendes bei Säugethieren.

Schon im verflossenem Sommer habe ich einige Schaf- und Rindsembryonen mit Rücksicht auf die Frage untersucht, ob sich bei denselben im Schwanzende ebenfalls ein nicht mehr von Wirbelsegmenten umgebenes Stück der Chorda dorsalis finde. Die Antwort fiel in bejahendem Sinne aus; ich konnte jedoch wegen meiner bevorstehenden Abreise den Gegenstand nicht mehr weiter verfolgen und musste mich darauf beschränken, einiges Material an Embryonen von Säugethieren zu sammeln, um dasselbe nach den Ferien zu beobachten. In der anatomischen Conferenz, welche während der Anthropologenversammlung in Berlin am 7. August 1880 zusammen-

[1] Dass solche Bildungen auch zeitlebens persistiren können, beweist der Fall von Ornstein. *Archiv für Anthropol*, Bd. XIII, Taf. I, Fig. 2 und *Zeitschrift für Ethnologie*, Bd. XI, Taf. XVII, Fig. 1. Die photographische Abbildung eines ähnlichen Falls bei einem esthländischen Recruten hat Dr. Braun in Dorpat die Güte gehabt, mir mitzutheilen. Dieselbe wird, nebst Beschreibung des Falls, im *Archiv für Anthropologie* veröffentlicht werden.

[2] A. a. O.

trat, bemerkte Prof. Stieda anlässlich meines Vortrags über das Schwanzende des menschlichen Embryo, dass er an Schaf- und Schweinsembryonen einen Faden gesehen habe,[1] „der wahrscheinlich nur Hautfortsatz ist und der also wahrscheinlich der menschlichen Schwanzform entsprechen würde." Ganz besonders hebt dies aber M. Braun in Dorpat in einer mir entgangenen Notiz,[2] auf die Sie so freundlich waren, mich aufmerksam zu machen, hervor. Der genannte Forscher sagt daselbst (von Schweins-Katzen-, Schafs-, Kaninchen-, Mäuse- und Hunde-Embryonen): „Um das hinterste Ende der Chorda bilden sich keine Wirbel, es ragt jenseits der Wirbelsäule heraus, oft getheilt oder gewunden oder geschlängelt. Bei den von mir genannten Thieren kommt es sogar zur Bildung eines dem Schwanzknötchen der Vögel homologen Theiles, den ich seiner Gestalt wegen „Schwanzfaden" nennen möchte. Ich finde nämlich am hinteren Schwanzende einen verschieden langen Faden, der sich durch seine Dünne scharf vom übrigen Schwanz absetzt; in ihm liegt in jüngeren Stadien das gewundene oder getheilte Chorda-Ende, später besteht er nur aus Epidermiszellen und schwindet endlich ganz. Es ist hierdurch der Nachweis geliefert, dass sowohl bei Säugern als bei Vögeln die Chorda, wenn ich so sagen darf, „zu lang angelegt wird"; um ihr hinteres Ende bilden sich keine Wirbel mehr. Auffallend bleibt, dass dazu auch sehr langschwänzige Säuger gehören."

Diese Angaben kann ich nach neueren Beobachtungen, die ich in diesem Spätherbst anstellte, im Wesentlichen bestätigen. Ich fand, insbesondere bei Embryonen der Ratte und Katze, an der Schwanzspitze ein abgesetztes Stück, das in seinem grösseren Theile noch ein Stück Chorda einschliesst, an der Spitze aber nur aus Epidermiszellen besteht und das man wohl als „Schwanzfaden" bezeichnen kann. In manchen Fällen würde dagegen der Name Schwanzstachel besser passen, da die Spitze oft ganz scharf und hornig ist. Möglicher Weise ist der bekannte Schwanzstachel des Löwen nichts anderes, als der stehengebliebene embryonale Schwanzfaden oder Schwanzstachel.[3]

---

[1] *Stenographischer Bericht über die Versammlung der deutschen anthrop. Gesellschaft in Berlin* im August 1880.

[2] Braun, *Aus der Entwickelungsgeschichte der Papageien.* IV. Weitere Entwickelungsvorgänge an der Schwanzspitze bei Vögeln und Säugethieren. Separatabdruck aus den *Verhandlungen der phys. med. Gesellschaft zu Würzburg.* Neue Folge. Bd. XV. Seitdem ist mir diese Arbeit durch die Güte des Hrn. Verfassers ebenfalls zugekommen.

[3] Näheren Mittheilungen über den Bau dieses Schwanzfadens bei Säugethieren von Dr. M. Braun dürfen wir wohl bald entgegensehen. Ich beschränke mich auf Mittheilung einiger Figuren über die äussere Form desselben, um dieselbe mit den Vorkommnissen an menschlichen Embryonen vergleichen zu können.

Sind nun auch die Aufknäuelungen der Chorda im Steisshöcker des Menschen (Taf. XXIII, Figg. 4, 5, 6) offenbar ebenso aus einer Rückbildung der „zu lang angelegten" Chorda entstanden, wie die analogen Bildungen im Schwanzfaden der Säugethiere, so fehlt aber, wenigstens bei den von mir beobachteten menschlichen Embryonen der scharfe Absatz des Schwanzfadens von dem übrigen Schwanze und ebenso jede epidermoidale Verdickung. Man kann daher nach meiner Meinung, wenn man die beschriebene Bildung bei Säugethieren Schwanzfaden nennen will, womit ich ganz übereinstimme, diesen Namen nicht wohl zugleich auch dem Schwanz des menschlichen Embryo geben, da man es möglichst vermeiden sollte, nicht vollkommen gleiche Dinge mit dem nämlichen Namen zu bezeichnen.

VI. Rückblick.

Die Resultate meiner Beobachtungen glaube ich in Kürze in folgenden Sätzen zusammenfassen zu dürfen:

1) Bei ganz jungen menschlichen Embryonen von 8—15^{mm} Körperlänge pflegt[1] das untere Körperende eine ziemlich spitz zulaufende schwanzförmige Verlängerung zu bilden, welche, die nach hinten convexe Curve der Wirbelsäule fortsetzend, sich nach vorne aufkrümmt und bei Embryonen von 9—12^{mm} Länge eine Länge von 1^{mm} und selbst mehr besitzt. Die Basis dieses Schwanzes liegt mit seiner vorderen (ventralen) Fläche dem Genitalhöcker an, von diesem durch eine Querfurche getrennt, in welcher die Cloakenöffnung liegt, während die Spitze ganz frei hervorragt.

2) In den meisten Fällen ist die Zuspitzung des konischen Fortsatzes eine ganz allmähliche (Taf. XXIII, Figg. 1, 2 und Taf. XXIV B, Fig. 1), in einzelnen Fällen dagegen ist das Endstück abgebogen (wie z. B. in den auf Taf. XXIV, Figg. 3, 4, 5 abgebildeten Fällen), und dadurch erscheint allerdings das Endstück von dem Rest etwas verschieden; niemals jedoch habe ich beim Menschen bis jetzt ein Endstück gesehen, welches durch plötzliche Verdünnung so von dem Rest abgesetzt war, dass man dasselbe schon nach der äusseren Form als ein besonderes Gebilde („Schwanzfaden") bezeichnen könnte, wie dies bei Säugethierembryonen vollkommen gerechtfertigt ist.

3) Das Ende dieser schwanzförmigen Verlängerung enthält aber ebensowenig als der sogenannte Schwanzfaden der Säugethiere Wirbelsegmente

[1] Meine eigenen Beobachtungen berechtigen mich zu diesem Ausdruck. Ob derselbe einem grösseren statistischen Material gegenüber geändert werden muss, ist abzuwarten.



mehr, sondern es besteht dasselbe nur aus der Chorda dorsalis, einem diese umgebenden ungegliederten Zellenblastem und dem Hornblatt. Ob in dem genannten Zellenblastem und dem Hornblatt das Medullarohr noch zu unterscheiden sei, wage ich vorläufig nicht zu entscheiden.

Trotzdem also dieses Stück keine Wirbelanlagen mehr enthält, so glaube ich doch nicht, dass man demselben den Namen Schwanz verweigern kann; denn diese Bezeichnung ist doch zunächst eine zoologische nach der äusseren Form gewählte. Wollte man Schwanz nur eine mit Wirbelanlagen versehene Verlängerung nennen, so müsste man eben zwischen einem zoologischen und anatomischen Schwanz unterscheiden, was sich doch wohl auch nicht empfehlen würde.

4) Dieses wirbellose Schwanzstück unterliegt schon frühzeitig einer Reduction. Die Chorda desselben schlängelt sich oder wickelt sich zu einem Knötchen auf, während das umgebende Gewebe schwindet.[1] Das noch mit Wirbeln versehene Endstück der Wirbelsäule wird zum Steissbein, welches noch längere Zeit hindurch einen stumpfen Vorsprung, den Steisshöcker, bildet, der dann allmählich, einerseits in Folge der nun eintretenden stärkeren Krümmung des Steissbeines, andererseits durch die stärkere Entwickelung des Beckengürtels und seiner Muskeln mehr und mehr unter der Oberfläche verschwindet.

Freiburg i. B., im December 1880.

A. Ecker.

[1] Ob dieses Knötchen mit der Steissbeindrüse in einer genetischen Beziehung steht, wäre wohl noch zu untersuchen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XXIV B.

Fig. 1. Hinteres Körperende eines 11 mm langen menschlichen Embryo mit deutlichem, frei vorstehendem Schwanzende. Der Stummel der rechten hinteren Extremität (*F*) ist, um dasselbe deutlicher zur Anschauung zu bringen, nahe an der Basis abgeschnitten.

Fig. 2. Menschlicher Embryo von 14 mm Länge, noch im Amnios enthalten, natürliche Grösse.

Fig. 3. Derselbe Embryo, vergrössert, von vorne. Nähere Beschreibung siehe im Text.

Fig. 4. Menschlicher Embryo von 15 mm Länge.

Fig. 5. Unteres Ende desselben Embryo, stark vergrössert. Das freie Schwanzende ist stark nach unten umgekrümmt und in Folge dessen steht der Genitalhöcker mit der spaltenförmigen Cloakenöffnung stark hervor.

Fig. 6. Unteres Körperende eines etwas älteren menschlichen Embryo. Schwanzende schon zum Steisshöcker reducirt.

Fig. 7. Das freie, etwa 2·50 mm lange Schwanzende eines 9 mm langen menschlichen Embryo, stark vergrössert (siehe meine Abhandlung über den Steisshaarwirbel. *Archiv für Anthropologie*, Bd. XII, S. 141, *D. n.* 28). *Ch.* Chorda dorsalis.

Fig. 8. Schwanzende eines Rattenembryo mit dem sogenannten Schwanzfaden (Braun).

Fig. 9. Desgleichen.

Fig. 10. Schwanzende eines Embryo der Katze mit dem sog. Schwanzfaden.

Fig. 11. Desgleichen.

Die Vergrösserung der Figuren 8 und 9 eine ungefähr zehnmalige, die der Figuren 10 und 11 eine etwas geringere.

Tafel XXIII.

Figg. 1 und 2. Photographische Aufnahme des mit deutlichem Schwanz versehenen menschlichen Embryo, welcher in meiner früheren Abhandlung (*Archiv für Anthropologie*, Bd. XII, Taf. IV, Figg. 19 und 20) abgebildet ist.

Fig. 3. Mikroskopische Abbildung des nahezu in der Medianebene geführten Durchschnitts des unteren Körperendes eines Embryo von 8 mm Länge. Das freie Ende des Schwanzes ist abgebrochen, eben so ist über der Basis des Schwanzes ein Stück aus dem Rücken des Embryo ausgebrochen. Genitalhöcker und Bauchstiel sind deutlich.

Figg. 4—6. Mikrophotographische Abbildung von medianen und sagittalen Schnitten durch das untere Körperende und den schon zum Steisshöcker reducirten Schwanz des auf Taf. IV, Fig. 26 der vorgenannten Abhandlung abgebildeten 2·3 cm langen Embryo.

Figur 2 ziemlich medianer Schnitt. Figuren 3 und 4 sagittale Schnitte. Die Chorda dorsalis scheint sich zu theilen, ihr Ende ist knäuelförmig aufgewickelt.

Fig. 7. Photographische Abbildung des unteren Körperendes eines viermonatlichen Embryo mit deutlich vorstehendem Steisshöcker.

Fig. 8. Ebensolche von einem dreimonatlichen Embryo.

Ueber den Schwanztheil des menschlichen Embryo.

Antwortschreiben an Hrn. Geh.-Rath A. Ecker in Freiburg i. B.

von

Wilhelm His.

(Hierzu Tafel XXV.)

Lieber Freund und College,

Es gereicht mir zur grossen Freude, dass ein Capitel meines über menschliche Embryonen veröffentlichten Buches Sie veranlasst hat, Ihre Erfahrungen über das hintere Körperende menschlicher Embryonen nochmals und in so eingehender Weise zusammen zu fassen. Ihnen ist ja, Dank der vortrefflichen Erziehung, die Sie einer grossen Zahl von Aerzten Ihres Landes gegeben haben, aus der für unsere Frage in Betracht kommenden Embryonalperiode ein bedeutenderes Material durch die Hände gegangen, als irgend einem unserer deutschen Fachgenossen, und wie unbefangen Sie zu beobachten wissen, dafür giebt die Mittheilung, mit der Sie mich beehrt haben, einen erneuten Beweis.

Sie erlauben wohl, dass ich Ihren Erfahrungen meine eigenen anreihe. Die Vergleichung wird ergeben, dass diese mit den Ihrigen zum grossen Theil sich decken, und dass, soweit dies nicht der Fall ist, kein thatsächlicher Widerspruch zwischen uns besteht. In Betreff der Terminologie allerdings folgen wir bis jetzt etwas verschiedenen Grundsätzen, wie denn überhaupt in die topographische Gliederung des hinteren Körperendes bis jetzt noch keine, einer allgemeinen Zustimmung sich erfreuende Ordnung gebracht werden konnte. Was insbesondere zum Schwanz zu rechnen sei, darüber walten noch verschiedene Meinungen und doch ist bei unserer Discussion darüber vor Allem eine Veerständigung nöthig.

In Ihren *Icones physiologicae* sind Sie zuerst für die Existenz eines embryonalen Schwanzes und für dessen spätere Rückbildung eingetreten. So sagen Sie in der Erläuterung zu Taf. XXVII, Fig. III: „Das schwanz-

förmige Körperende (das an den meisten Figuren der XXVI. Tafel dargestellt ist) hat sich zu einem rundlichen Höcker, dem Steisshöcker verkürzt" und bei Fig. VI derselben Tafel bemerken Sie: „statt der Schwanzspitze einen rundlichen Steisshöcker". Ferner zeichnen Sie bei Taf. XXXI, Fig. VII einen Embryo, bei dem, laut Text, „das Rückenmark bis in das Schwanzende sich fortsetzt". Derselbe zeigt von vorneher gesehen, das emporgeschlagene Beckenende des Körpers und eine kleine, nach rechts abweichende Spitze, bis zu deren Basis das Rückenmark sichtbar ist. Obwohl Sie sich nicht darüber aussprechen, was Sie zum Schwanztheile des Körpers rechnen, so irre ich doch wohl kaum, wenn ich annehme, dass Sie schon damals darunter nicht Alles das verstanden haben, was die untere Extremität überragt, sondern nur die spitz auslaufende Strecke, die frei nach oben, bez. nach vorn hervortritt. Einige von den Figuren Ihrer Tafel XXVI, so besonders Fig. VII, VIII, IX, XI und XII zeigen das Stück in seiner natürlichen Stellung sehr gut, während es bei Fig. I derselben Tafel durch die Präparation künstlich aufgeklappt und verlängert worden zu sein scheint.

Bei Anlass Ihrer so interessanten Untersuchungen über die Eigenthümlichkeiten der Steissbeingegend beim Fötus haben Sie der Schwanzfrage Ihre erneute Aufmerksamkeit zugewendet und in einer gegen Rosenberg gerichteten Bemerkung sich dahin ausgesprochen, dass die Bezeichnung Schwanz „zunächst immer nur von der äusseren Form hergeleitet werden dürfe" und dass die Lehre vom inneren Bau besondere Bezeichnungen zu wählen habe, wenn sie mit dem herkömmlichen Worte andere Begriffe verbinden wolle. Sie begründen diese Ihre Auffassung mit dem Hinweise, dass wir bei verschiedenen Thieren sehr mannigfach gebaute Anhänge alle mit dem gemeinsamen Namen Schwanz bezeichnen. In Ihrem obigen Schreiben, brauchen Sie, wenigstens im Vorbeigehen, den Ausdruck „zoologischer Schwanz", ein Ausdruck, der bezeichnend scheint, besonders im Gegensatz zum Schwanz der vergleichenden Anatomen. Im Uebrigen enthält Ihr Schreiben, besonders in seinem Rückblick, so durchaus klare Feststellungen Ihrer Auffassung, dass mir ein Missverständniss derselben kaum mehr möglich zu sein scheint. Vor Allem constatire ich daraus, dass es die Embryonen von 8—15^{mm} sind, bei welchen Sie das frei emportretende Körperende als Schwanz bezeichnen. „Die Basis des Schwanzes, sagen Sie, liegt mit ihrer vorderen ventralen Fläche dem Genitalhöcker an, von diesem durch eine tiefe Querfurche getrennt, in welcher die Cloakenöffnung liegt, während die Spitze ganz frei hervorragt." Für die angegebene Entwick-

[1] *Archiv für Anthropologie.* Bd. XI. S. 284.
[2] *Ebenda.* Bd. XII. S. 142.

lungsstufe stimmt meine eigene Erfahrung mit dem hier Gesagten völlig überein, wogegen für etwas jüngere Stufen die Dinge wesentlich anders liegen. Auch versagen Sie mir vielleicht Ihre Zustimmung nicht, wenn ich den Satz ausspreche:

Bei Embryonen unter 8^{mm} Körperlänge ist nur ein verhältnissmässig kleiner Theil des nach vorn sich frei emporhebenden Körperendes als Schwanz zu bezeichnen.

Wie viel zum Schwanz gehöre, ist aus der äusserlichen Betrachtung allein nicht ohne Weiteres zu entnehmen. Zur Begründung dieses Satzes habe ich aus meinem grösseren Werke einige auf zehnfache Vergrösserung reducirte Figuren herübergenommen. Bei dem einen Embryo *A* Fig. 1 Taf. XXV ist man bei äusserer Betrachtung versucht, den die untere Extremität überragenden Körperabschnitt, wenigstens von der Ziffer *S* 1 ab, als freies Schwanzende anzusprechen. Aus den Durchschnitten ergiebt sich jedoch, dass jenes Stück, mit Ausnahme einer kurzen Strecke, von der Cloake durchzogen ist, deren Ende die Höhe des vorletzten Segmentes erreicht (Fig. 2). — Noch auffallender ist die Sache bei dem so stark zusammengekrümmten nur 4^{mm} langen Embryo α, Fig. 3. Hier besitzt das in die Höhe tretende freie Endstück eine Länge von mehr denn $0 \cdot 8^{mm}$, aber es ist dies Stück in drei Viertheilen seiner Länge von der Cloake durchsetzt (Fig. 4).

In Ihren verschiedenen Darstellungen berühren Sie nur nebenher die Beziehungen des embryonalen Schwanzes zur Afteröffnung, immerhin schliesse ich aus einer von Ihren Aeusserungen,[1] dass auch Sie nur das den After überragende Körperende als Schwanz bezeichnen. Sonach wird auch nach Ihrer Auffassung sowohl bei Embryo *A*, als bei α nur das kurze die Cloake überragende Endstück des freien Körperabschnittes den Namen verdienen. Dies Stück, nur anderthalb bis zwei Wirbellängen umfassend, ist ein echter Schwanz, oder, um die von Virchow vorgeschlagene Bezeichnung zu brauchen, ein Wirbelschwanz.

Wie unrichtig es wäre, bei diesen jungen Embryonen alles das Schwanz zu nennen, was vom unteren Körperende frei emportritt, das ergiebt sich auch aus der Abzählung der Urwirbel. Ohne Rücksicht auf die Ausdehnung der Cloake müsste bei Embryo *A* das gesammte spätere Steissgebiet, bei Embryo α sogar noch der grössere Theil des Sacralgebietes zum Schwanz gerechnet werden.

Durch die Zählung der Urwirbel bei den oben behandelten Embryonen hat sich als ein ferneres, in der uns beschäftigenden Frage wichtiges Ergebniss das nachfolgende ermitteln lassen:

---

[1] *Archiv für Anthropologie.* Bd. XII. S. 145.

Es sind auch beim jüngeren menschlichen Embryo keine überzähligen, zur Rückbildung bestimmten Segmente angelegt.

Es ist dieser Satz, für dessen Begründung ich auf mein Buch[1] hinweise, eine Erweiterung der schon von Rosenberg gewonnenen Erfahrung, wonach beim menschlichen Embryo keine Rückbildung von Wirbeln stattfindet. Besonders beachtenswerth erscheint in Verbindung damit die Thatsache, dass auch bei pathologischen Schwanzbildungen bis jetzt keine Ueberschreitung der Wirbelnorm beobachtet worden ist. Die Zusammenstellung von Bartels[2] lässt darüber keinen Zweifel, und auch der von Ihnen zuerst wieder in wissenschaftlichen Curs gebrachte Erlanger Fall macht davon keine Ausnahme, da ja nach Leo Gerlach's Zählungen der betreffende Fötus trotz seines langen Schwanzes nur 34 Wirbel besessen hat. Dass dieser Fötus in früherer Zeit überzählige Urwirbel besessen habe, wie L. Gerlach meint, das scheint mir eine willkürliche Annahme. In Ornstein's Fall[3] sind zwar in dem Körperanhang Wirbel beobachtet worden, aber die Beschreibung ergiebt auch deutlich, dass dies keine überzähligen gewesen sind. Als Ausgangspunkt der schwanzartigen Vortreibung wird nämlich die Verbindungsstelle vom ersten und zweiten Steisswirbel bezeichnet; letzterer hatte das Volum einer etwas grossen, plattgedrückten Erbse, und ihm folgte noch ein ferneres linsengrosses Knochenstück. Von einem vierten oder fünften Steissbeinwirbel war nichts zu bemerken. Der Fall ist sonach als abnorme Stellung des Steissbeines zu verstehen und letztere kann ihren Grund in einer zurückgebliebenen Streckung jenes Knochens gehabt haben. Ihre eigene Figur eines fötalen Beckendurchschnittes,[4] sowie meine Figur 5 zeigen ja, wie steil zu gewisser Zeit das untere Ende der Wirbelsäule nach abwärts tritt.

Zur richtigen Beurtheilung des embryonalen Körperendes ist es durchaus nöthig, den Wechsel seiner Krümmung mit in Betracht zu ziehen. Menschliche Embryonen einer gewissen, der Gesammtlänge von circa 4—7 ^{mm} entsprechenden Entwicklungsstufe sind bekanntlich so stark zusammengekrümmt, dass Kopf und Steissende sich nahezu berühren, oder dass sie selbst, wie bei meinem Embryo α an einander vorbeitreten. Dann aber öffnet sich von einem bestimmten Zeitpunkte ab die Spange des Körpers mehr und mehr, indem sich der Kopf hebt und das Beckenende senkt. Nehmen wir als senkrechte Körperaxe die durch den Nackenhöcker gehende grösste Gerade an, und stellen wir die Embryonen dieser Axe gemäss auf, so enthält der aufsteigende Spangenschenkel bei meinem Embryo α das gesammte Bauch- und Beckengebiet, bei Embryo A das Sacral- und Steiss-

[1] S. 91.
[2] *Archiv für Anthropologie.* Bd. XIII. S. 1 u. fl.
[3] *Zeitschrift für Ethnologie,* Bd. II. S. 303.

gebiet. Bei Embryonen von 10—12 ^{mm} Körperlänge steht der Sacraltheil der Axengebilde schon nahezu horizontal und der aufsteigende Schenkel umfasst nur noch den Steisstheil, endlich richtet sich auch dieser gerade und tritt in der von Ihnen geschilderten Weise als Steisshöcker nach unten hervor.

Indem nun der Winkel zwischen Bauchstiel bez. Nabelstrang und Becken sich öffnet, muss auch die Stellung der Cloake sich ändern. Die früher nach oben gerichtete Endkuppe kommt nach abwärts zu liegen, und die an ihr sich bildende Afteröffnung sieht nach unten und vorn. Vor der Cloake, über der Afteröffnung und unter dem Nabelstrang, liegt nun der Genitalhöcker, und zwar erscheint er als dreieckiger in der Mitte gefurchter Wulst, dessen Spitze dem Nabelstrang, dessen Basis der Schwanzwurzel zugekehrt ist. Der äusserlich sichtbaren Furche entspricht keineswegs eine durchgehende Oeffnung, die Durchschnitte zeigen die Genitalfurche getrennt von der Cloake. Ich habe in Fig. 6 das Constructionsbild für einen 5—6 wöchentlichen, 12 ^{mm} langen Embryo (*S* 1) dargestellt. Vergleicht man diesen Durchschnitt mit dem von Embryo α, so wird klar, dass das Genitalhöckergebiet bei letzterem noch im aufsteigenden Körperschenkel enthalten und nach rückwärts gerichtet war. Dasselbe hat eine Drehung von nahezu 180 erfahren.

Bei der beschriebenen Aufbiegung des unteren Körperendes reducirt sich das frei emportretende Körperstück schliesslich auf die Strecke jenseits des Afters. Diese Strecke, in deren Auffassung als ächtem Schwanz ich mit Ihnen vollständig übereinstimme, umfasst nicht mehr als $1^1/_2$ bis 2 Wirbel, und sie ist mit dem die Cloake überragenden Stumpf der Stufen α und *A* identisch. Ihre Durchschnittsbilder 4, 5 und 6, Taf. XXIII, werden vollständig durch meine eigenen Anschauungen bestätigt. Allerdings ist der Embryo, dem Sie diese Durchschnitte entnommen haben, schon 2·3 ^{mm} lang und, wie Sie angeben, sein Schwanzende zum Steisshöcker reducirt gewesen, allein auch bei jüngeren Embryonen kann ich jenseits des Afters nicht mehr denn die angegebene Wirbelzahl finden. In Fig. 7 habe ich einen Medianschnitt durch das noch nach vorn gerichtete untere Körperende eines Embryo von 16 ^{mm} Körperlänge abgebildet, welcher auch seinerseits den After nahe an das Ende der Wirbelsäule herangerückt zeigt.

Aus Ihrer Fig. 3 allerdings möchte man den Schluss ziehen, dass das Schwanzstück 5—9 Wirbel enthalten kann. Indess bekomme ich von dieser Figur sehr bestimmt den Eindruck, dass ihr Original kein genauer Medianschnitt gewesen ist, sondern ein Schnitt, welcher die Medianebene unter spitzem Winkel gekreuzt hat, dass sonach die Einbuchtung neben der Schwanzwurzel nicht die Afteröffnung ist, sondern seitlich davon liegt. Diese meine Vermuthung müsste sich durch Vergleichung der übrigen Schnitte des Embryo wohl prüfen lassen.

Das Steissende des Körpers bei meinen Embryonen α und A ist, wie die Figuren zeigen, ein stumpf abgerundetes gewesen; bei Embryonen nachfolgender Entwickelungsstufen war ich bis vor Kurzem, nämlich bis zum verflossenen Frühjahr auch nur solch abgestumpften Körperenden begegnet. Dagegen hatten Sie Ihrerseits in einer Reihe von Fällen ein spitzes Auslaufen des Schwanzendes beobachtet und überdies festgestellt, dass die äusserste Spitze keine Wirbelanlagen bez. keine Segmente mehr enthält. Darauf fussend habe ich in meinem Buche den Schluss formulirt,[1] dass am Schwanzende des Körpers ein zugespitztes wirbelfreies Stück als inconstante Bildung auftreten kann, und dass dieses Stück allein der Reduction anheimfällt. Ich bezeichnete dasselbe als Schwanzfaden und leitete von seiner Persistenz die sogenannten weichen Schwänze ab. Seitdem haben die HH. Braun, Stieda[2] und Sie selbst ähnliche Bildungen bei Säugethierembryonen nachgewiesen, und Braun hat gleichfalls den Namen Schwanzfaden vorgeschlagen. Sie tragen Bedenken gegen die Anwendung dieses Namens auf die wirbellose Schwanzspitze menschlicher Embryonen, indess bedürfen wir einer kurzen Bezeichnung, und so erlauben Sie mir vielleicht, in der nachfolgenden Erörterung wenigstens vorläufig bei dem einmal gewählten Wort stehen zu bleiben.

Seit der Publication meines Buches bin ich so glücklich gewesen, vier Embryonen zwischen 12 bis 15 ^{mm} mit ausgezeichneter Schwanzspitze zu erhalten. Die stereoscopischen Photographien von dreien derselben hatte ich Gelegenheit der anatomischen Conferenz des Berliner Anthropologencongresses vorzulegen, sowie der zoologisch-medicinischen Section der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Brieg.[3] Ich bilde auf Taf. XXV, Figg. 8 bis 11 die betreffenden Stücke ab, und es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass bei allen genau die Bildung vorliegt, auf welche Sie zuerst die Aufmerksamkeit gelenkt haben.

In all den vier Fällen von spitz auslaufenden Körperenden, die ich bis jetzt beobachtet habe, war das Endstück abgebogen, zweimal nach vorn, zweimal zur Seite, und zwar offenbar unter dem Einfluss des daran anstossenden Nabelstranges. Auch Sie haben ja in mehreren Fällen diese Umbiegung beobachtet und abgebildet, während der Embryo Ihrer Figg. 1 und 2 von Taf. XXIII das Endstück steil ansteigend zeigt. Sie legen grossen Werth darauf, dass bei menschlichen Embryonen die Zuspitzung

---

[1] S. 94—95.

[2] Braun in *Verhandlungen der Würzburger physikal.-med. Gesellschaft*. N. F. Bd. XV; — Stieda im *Bericht über die Anthropologen-Versammlung zu Berlin*. S. 45.

[3] Siehe den oben citirten Bericht S. 45; und Comte rendu in den Genfer *Archives des Sciences physiques et naturelles*. October 1880.

allmählich geschieht, und Sie erkennen darin einen wesentlichen Gegensatz zum Schwanzfaden von Säugethieren. Ich gebe gerne zu, dass so bedeutende Einziehungen an der Grenze des Wirbelschwanzes und des Schwanzfadens, wie Sie sie von Katzen- und Rattenembryonen zeichnen, bei menschlichen Embryonen nicht vorkommen, immerhin scheint doch auch bei letzteren ein äusserlicher Absatz constant zu sein. In Fig. 2 habe ich von meinem Embryo *Br* 1 die betreffende Stelle dargestellt, an welcher die Endigung der Urwirbelleisten äusserlich ziemlich scharf sich markirt. Selbst an Ihrer Fig. 2 lässt sich noch völlig bestimmt die Grenze des stachelförmigen Endstückes erkennen; sie ist durch eine unverkennbare Einziehung und durch das Auftreten eines schmalen Lichtstreifens bezeichnet.

In Betreff der Zusammensetzung des menschlichen Schwanzfadens haben Sie gezeigt, dass die Chorda in denselben eintritt und dass sie von einer Zellenmasse überlagert wird, über deren Natur als Medullarohr Sie sich reservirt aussprechen. Auch in den Angaben Braun's über den Schwanzfaden der Säugethiere ist nur von der Chorda die Rede, die als gewunden oder getheilt beschrieben wird und später schwinden soll. In meinen vier Fällen habe ich die Embryonen zwar mikrotomirt, aber da der Schwanzfaden nur ein Nebeninteresse beansprucht, so konnte ich nicht die Schnittrichtung wählen, die zu dessen Studium die günstigste gewesen wäre. Immerhin glaube ich mit Bestimmtheit angeben zu können, dass nicht nur die Chorda sondern auch das Endstück des Medullarohres bis in die Spitze des Schwanzfortsatzes reicht. Ich weise in der Hinsicht auf die Figg. 12 bis 15. Figg. 12 und 13 sind dem Embryo *Br* 1 (Fig. 8) entnommen; bei ersterer sieht man an der Schwanzspitze den Durchschnitt des Medullarrohres und ein Stück Chorda; bei Fig. 13 ist die Umbiegung des Medullarohres in die Basis des Schwanzfadens getroffen. Fig. 14 gehört dem Embryo *S* 1 (Fig. 9), Fig. 15 dem Embryo *S* 2, (Fig. 11) an und beide Bilder sind in keiner Weise missdeutbar.

Zwei thatsächliche Fragen scheinen mir noch ihrer bestimmten Erledigung zu harren, einmal die Frage nach der Constanz und dann die Frage nach dem Zeitpunkte des Auftretens des menschlichen Schwanzfadens.

Für die intacte Erhaltung des Schwanzfadens legen Sie, sicherlich mit Recht, ein grosses Gewicht auf gute Conservirung der Embryonen, und Sie scheinen geneigt, das Fehlen der Schwanzspitze stets als Folge mangelhafter Behandlung aufzufassen. Ich kann demgegenüber nicht leugnen, dass auch die vier Embryonen, an denen ich das spitze Auslaufen des Schwanzendes beobachtet habe, zu meinen bestconservirten Präparaten gehört haben. Gleichwohl finde ich bis jetzt keinen Grund, da, wo ich stumpfes Auslaufen sah, durchweg an Verletzungen zu denken. So zeigte z. B. der in meinen Briefen über die Körperform S. 194 abgebildete Embryo ein ziem-

lich stumpfes Schwanzende, obwohl derselbe in vortrefflichem Zustande in meine Hände kam. Ueber diesen Punkt wird ja wohl die nächste Zeit entscheidende Auskunft gewähren.

Auch über den Zeitpunkt, in welchem der die Urwirbel überragende Schwanzfaden auftritt, bedarf es noch genauerer Beobachtung. Da bei jüngeren Embryonen das Schwanzende stumpf ausläuft, liegt der Schluss nahe, dass die Urwirbel erst nachträglich vom Medullarrohr und von der Chorda überholt werden. Es bedarf dies keineswegs der Annahme eines relativ stärkeren Wachsthums dieser Theile, denn die mit dem Auftreten des spitz zulaufenden Schwanzfadens zeitlich zusammenfallende Aufbiegung der Axengebilde genügt zum Verständniss des Vorganges. Das Medullarrohr und die Urwirbelreihe bilden beim zusammengekrümmten Embryo zwei concentrische Bogen, hiervon muss sich bei eintretender Streckung der längere äussere über den kürzeren inneren verschieben und denselben schliesslich überragen.

Ich kann hiermit meine thatsächlichen Erörterungen schliessen und stelle gleichfalls in einem Rückblicke meine Ergebnisse zusammen:

1) So lange die menschlichen Embryonen stark zusammengekrümmt sind, ragt eine nicht unbeträchtliche, von der Cloake grossentheils durchzogene Strecke ihrer distalen Körperhälfte frei nach oben empor; davon ist aber nur das äusserste, die Cloake überragende Ende als Schwanz zu bezeichnen; dasselbe umschliesst höchstens zwei Segmentlängen.

2) Auch bei jüngeren menschlichen Embryonen finden sich keine überzähligen, zur Rückbildung bestimmten Segmente angelegt.

3) Von einem bestimmten Zeitpunkt ab (der etwa einer Körperlänge von 8 mm entspricht) tritt eine zunehmende Oeffnung der Körperspange ein, der Kopf hebt sich und der Beckentheil senkt sich. Letzterer Vorgang führt schliesslich bis zur völligen Streckung des Steissbeines.

4) Bei Oeffnung der Körperspange ändert die Cloake ihre Stellung; indem der hintere Spangenschenkel auf Kosten des vorderen sich verlängert, nimmt er die Cloake auf. Die Kuppe der letzteren, Anfangs nach oben und hinten gerichtet, wendet sich nach abwärts und vorn; ihre Lage bestimmt den Ort des Afters.

5) Nachdem der Beckenabschnitt des Körpers sich gesenkt hat, ragt der die Cloake überragende Schwanztheil desselben als freier Vorsprung nach oben und vorn. Derselbe besteht jetzt aus einem wirbelhaltigen und einem wirbelfreien Stück (Wirbeltheil des Schwanzes und Schwanzfaden). Ob letzteres Stück constant auftritt, bleibt noch zu erweisen, jedenfalls wechselt seine Länge individuell nicht ganz unbeträchtlich. Es pflegt häufig, unter dem Einflusse des anstossenden Nabelstranges umgebogenzu sein.

6) Der Schwanzfaden enthält eine Fortsetzung des Medullarohres und der Chorda dorsalis. Derselbe fällt ziemlich bald der Reduction anheim.

7) Die Entstehung des Schwanzfadens scheint in bestimmter Abhängigkeit von der Oeffnung der unteren Rumpfbeuge zu stehen.

8) Mit Rücksicht auf pathologische Schwanzbildung vertrete ich folgende Annahmen:

Bis jetzt ist kein sicheres Beispiel eines Schwanzes mit überzähligen Wirbeln bekannt.

Die Fälle von sogenannten weichen Schwänzen, wie z. B. der Erlanger-Fall und der von Greve-Virchow, scheinen auf Persistenz und Umbildung des Schwanzfadens zu beruhen.

Unter den Fällen von Wirbelschwänzen lässt sich der gutbeschriebene von Ornstein am naturgemässesten auf Gestrecktbleiben des Steissbeines zurückführen.

Abgesehen von einer unbedeutenden terminologischen Differenz glaube ich in der That, dass meine obigen Sätze den Ihrigen nirgends widersprechen, sondern dass sie dieselben theils bestätigen, theils erweitern.

Zum Schluss erlauben Sie mir noch die terminologische Seite der Fragen kurz zusammenzufassen:

Als Anfangspunkt des Schwanzes kann gewählt werden: 1) die Befestigungsstelle der unteren Extremität, 2) der Anfang des frei hervortretenden Körperstumpfes, 3) der hintere Rand des Afters. Erstere Bestimmungsweise befolgt die vergleichende Osteologie, indem sie dem Schwanztheil der Wirbelsäule Alles zurechnet, was hinter die Anheftungsstelle des Beckengürtels fällt. Für unseren Zweck ist diese Bestimmungsweise unbrauchbar, denn die ganze Untersuchung über den Schwanz des Embryo oder über geschwänzte Menschen wird sinnlos, wenn das Wort Schwanz die unteren drei Sacralwirbel und das gesammte Steissbein mit umfasst.

Wird ohne weitere Rücksicht auf die Lage des Afters beim Embryo Alles Schwanz genannt, was nach vorn frei emportritt, so kommt man in die Lage, dem Schwanz in früher Zeit Theile zuzuweisen, die späterhin demselben nicht mehr angehören. Der Schwanzbegriff wird alsdann zu einem stätig sich verschiebenden. So würde bei dieser Bestimmungsweise in früherer Zeit das gesammte Genital- und Dammgebiet noch dem Schwanz angehören und später sich aus ihm zurückziehen. Ich halte dies für eine missliche Darstellungsweise und ich gebe daher für unsere Zwecke den Vorzug der Bestimmung des Schwanzgebietes nach der Lage des Afters; hierin scheine ich mit Ihnen in Uebereinstimmmung zu sein.

Das den After überragende Stück ist theils wirbelhaltig, theils wirbellos, und während Sie beides gleichmässig als Schwanz bezeichnen, habe ich das Bedürfniss gefühlt, für das der Reduction anheimfallende wirbellose Endstück eine unterscheidende Bezeichnung zu besitzen. Den von mir gewählten Namen Schwanzfaden verwerfen Sie, weil der Schwanzfaden von

Säugethierembryonen viel schärfer sich absetzt, als der von menschlichen. Ich lege hierauf, wie ich eben auseinandergesetzt habe, kein sehr grosses Gewicht; auch ist meine Bezeichnung etwas älter als die Braun'sche und braucht insofern im Falle einer Nichtconcidenz derselben nicht den Vortritt zu lassen. Immerhin bin ich gern bereit statt des Wortes Schwanzfaden eine andere passende Bezeichnung anzunehmen, wenn Sie mir eine solche vorschlagen wollen.

W. His.

Erklärung der Abbildungen.

Gemeinsame Bezeichnungen:

A	After.	*Gh*	Genitalhöcker.	*SD*	Sexualdrüse.
All	Allantoisgang.	*Gs*	Genitalspalte.	*SGl*	Sexualglied.
Bl	Harnblase.	*Gst*	Genitalstrang.	*Sy*	Symphyse.
Bs	Bauchstiel.	*Md*	Mitteldarm.	*Sf*	Schwanzfaden.
Ch	Chorda.	*Mr*	Medullarrohr.	*Un*	Urniere.
Cl	Cloake.	*Ns*	Nabelstrang.	*Ur*	Urachus.
Ds	Darmstiel.	*R*	Rectum.	*Uw*	Urwirbel.

Die Bezeichnungen *c* 1—8, *d* 1—12, *l* 1—5, *s* 1—5, *cc* 1—5 sind die Ordnungsnummern der Segmente, bez. der Wirbel.

Fig. 1. Embryo *A* (7·5 mm lang). Vergrösserung 10. Ansicht von links.

Fig. 2. Derselbe Embryo. Constructionsbild des unteren Körperendes.

Fig. 3. Embryo *α* (4 mm lang). Vergr. 10. Ansicht von links.

Fig. 4. Derselbe Embryo. Constructionsbild.

Obige Figg. 1—4 sind auf die Hälfte reducirte Copien aus meiner *Anatomie menschlicher Embryonen* Taf. I und Taf. VIII.

Fig. 5. Medianschnitt eines circa dreimonatlichen menschlichen Fötus. Gestrecktes Kreuz- und Steissbein. Vergr. 4.

Fig. 6. Constructionsbild vom unteren Körperende des 13 mm langen Embryo *S* 1 (s. Fig. 9). Vergr. 10.

Fig. 7. Medianschnitt eines menschlichen Embryo von 16 mm Körperlänge. Vergr. 10.

Fig. 8. Unteres Körperende des Embryo *Br* 1 (11·2 mm lang). Vergr. 10.

Fig. 9. " " " " *S* 1 (12·5 mm lang)*. " "

Fig. 10. " " " " *Br* 2 (13 mm lang)*. " "

Fig. 11. " " " " *S* 2 (15·2 mm lang)*. " "

Fig. 12 u. 13. Durchschn. durch das Steissende u. d. Schwanzfaden v. Embryo *Br* 1.

Fig. 14. " " " " " " " " " *S* 1.

Fig. 15. " " " " " " " " " *S* 2.

Die Figg. 12—15 sind 40 mal vergrössert.

* Vom Nackenhöcker ab gemessen.

Replik und Compromisssätze

von

Prof. **A. Ecker**,

nebst Schlusserklärung von **W. His**.

Ihre eingehende Beantwortung meiner kleinen Epistel war mir sehr erfreulich, indem ich glaube, daraus entnehmen zu dürfen, dass wir schliesslich, mit einigen beiderseitigen Zugeständnissen, zu einem Tractat gelangt sind, den wir — wie mir scheint beiderseits — mit gutem Gewissen und ohne die Empfindung, Wesentliches preisgegeben zu haben, unterschreiben können. Wollen wir unsere Vereinbarung Compromiss nennen, so haben wir damit vielleicht auch ein kleines Scherflein zur Rehabilitirung dieses mancherorts (— gewiss sehr mit Unrecht, denn was kommt schliesslich ohne Compromiss zu Stande? —) so anrüchig gewordenen Terminus beigetragen.

In dieses günstige Stadium scheint mir unsere Angelegenheit insbesondere dadurch gelangt zu sein, dass wir, bestimmter als vorher, die Embryonen in gewisse Altersclassen getheilt haben. Ich habe die Behauptung der Anwesenheit eines zugespitzten freien Schwanzendes — ohne Wirbelsegmente, aber mit Chorda — in meiner letzten Mittheilung auf die Embryonen von circa 8—15^{mm} Körperlänge beschränkt, weil es in der That, so viel ich übersehen kann, lauter solche waren, bei denen ich die betreffende Beobachtung gemacht habe. Dagegen haben Sie Ihrerseits daran festgehalten, dass bei Embryonen unter 8^{mm} Körperlänge nur ein kleiner Theil des hinteren Körperendes über die Cloakenöffnung vorrage, bei diesen also ein längeres freies zugespitztes Schwanzende, wie es bei der erstgenannten Altersclasse vorhanden ist, fehle. Aehnliches zeigt nun auch der auf Tafel XXIV *A* dieses Hefts abgebildete Embryo von 4^{mm} Länge (Fig. 3 und 5) und wenn ich weiter bedenke, dass Sie diese Ihre Behauptung durch ein reiches mikrotomirtes Material, wie es mir nicht zu Gebote steht, unterstützen können, während ich keine gegentheiligen Erfahrungen besitze, so kann ich mich in diesem Punkte recht wohl Ihnen anschliessen. Anderseits erklären Sie, dass Sie seit der Publication Ihres Buches vier sehr wohl conservirte Embryonen von 12—15^{mm} Körperlänge erhalten haben, an wel-

chen das von mir behauptete freie zugespitzte Schwanzende in ausgezeichneter Weise zu constatiren war.

Nachdem wir uns so weit verständigt, bleibt also nur die Frage zu beantworten: wie entsteht im Verlauf der Entwicklung das zugespitzte Schwanzende? Um dieser Forderung Genüge zu thun, stellen Sie die Hypothese auf, dass in Folge der allmählichen Geradestreckung der gebogenen Körperspange die mehr dorsalwärts gelegenen Gebilde sich über das Ende der centralen hinaus verschieben. Es lässt sich nicht läugnen, dass diese Erklärung die Charaktere einer sogenannten guten Hypothese an sich trägt, indem sie einerseits die eingetretenen Veränderungen genügend erklärt, ohne anderseits mit bekannten feststehenden Thatsachen im Widerspruch zu stehen. Immerhin wird es nöthig sein, auf diesen Punkt insbesondere noch weitere Aufmerksamkeit zu verwenden.

Es scheint mir also, dass unserem „Compromiss“ folgende Fassung gegeben werden könnte:

1) Die Benennung „Schwanz“ kann nur dem die Cloake überragenden Theil des hinteren Körperendes gegeben werden.

2) Bei den Embryonen der zweiten Altersclasse, d. h. bei Embryonen von circa 8—15^{mm} Körperlänge, sieht der die Cloake überragende „Schwanz“ als freier zugespitzter Vorsprung nach oben und vorne.

3) Dieser Schwanz besteht aus einem wirbelhaltigen und einem wirbelfreien Abschnitt. Der letztere enthält nur Chorda und Medullarrohr.

4) Nur das letztgenannte Stück fällt der Reduction anheim, indem die Chorda dorsalis sich meist zu einem Knötchen entwickelt, während der Rest schwindet.

5) Der wirbelhaltige Theil steht noch längere Zeit als sogenannter Steisshöcker vor. Dieser verschwindet allmählich unter der Oberfläche, theils und ganz vorzugsweise in Folge der allmählich eintretenden stärkeren Krümmung des Kreuz- und Steissbeins, theils wohl auch in Folge der mächtigeren Entwicklung des Beckengürtels und seiner Musculatur.

So wäre also nun unsere Differenz bis zur äussersten Spitze des Schwanzes, d. h. bis zur Namengebung dieses Theiles hinausgedrängt, und da wollen wir, denke ich, den alten Spruch beherzigen:

In verbis simus faciles, modo conveniamus in re.

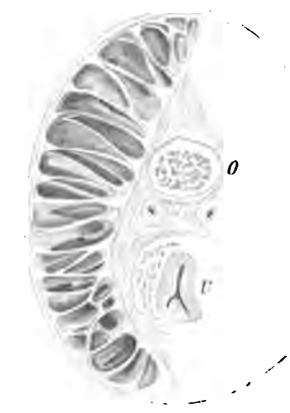
Freiburg, den 26. Januar 1881. A. Ecker.

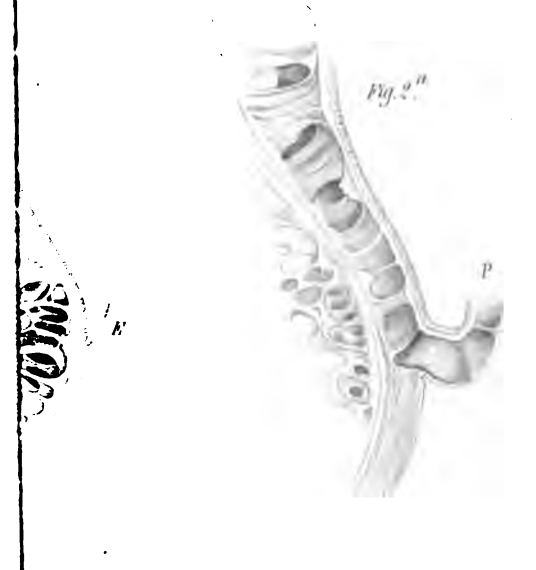
Es ist kaum nöthig, ausdrücklich zu erklären, dass ich mit den von Hrn. Coll. Ecker formulirten Compromisssätzen vollständig einverstanden bin, und ich freue mich, dass sein freundliches Entgegenkommen die Möglichkeit geboten hat, diesen befriedigenden Abschluss der Discussion herbeizuführen.

W. His.

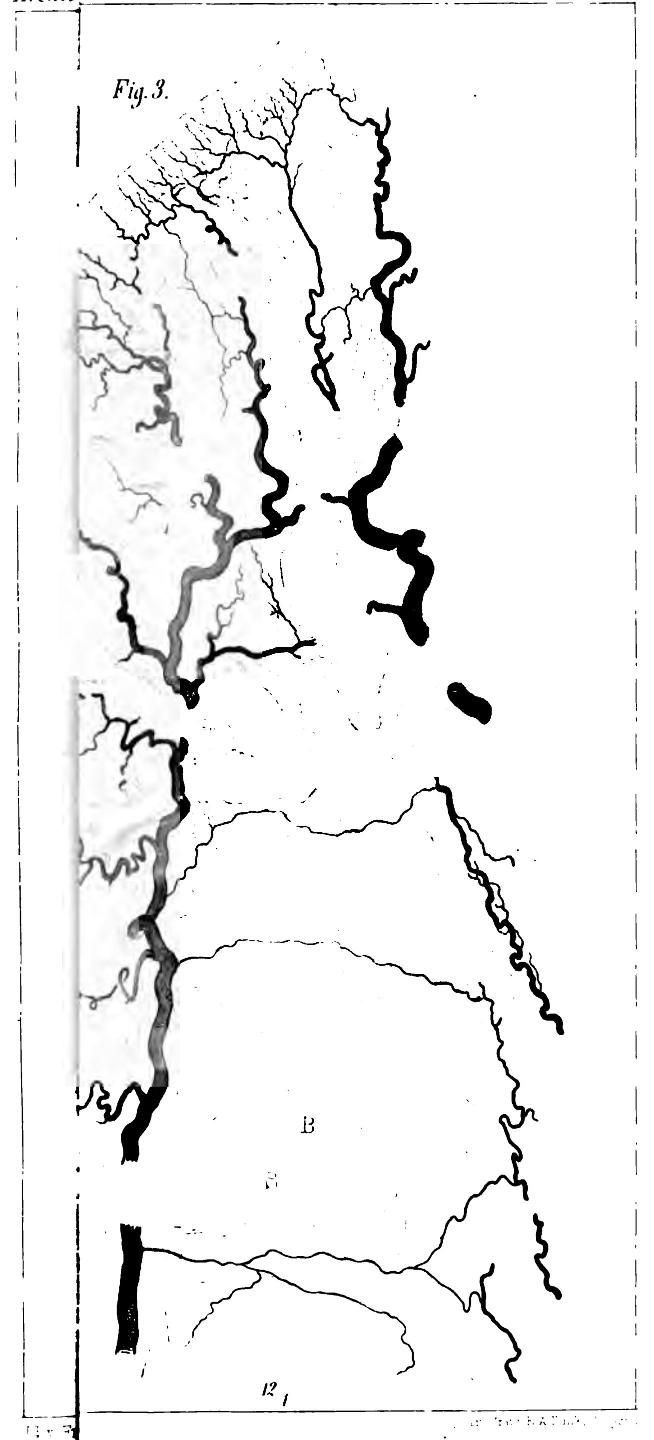


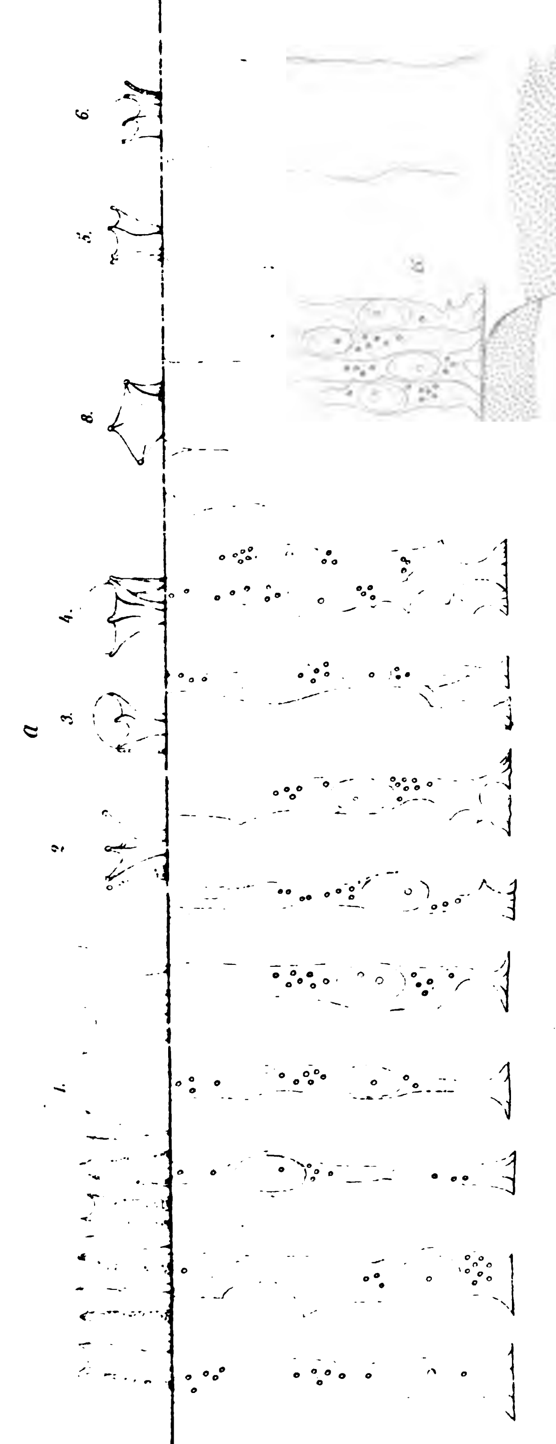
Fig. 2.b





Lith. Anst. v. A. Funke Leipzig

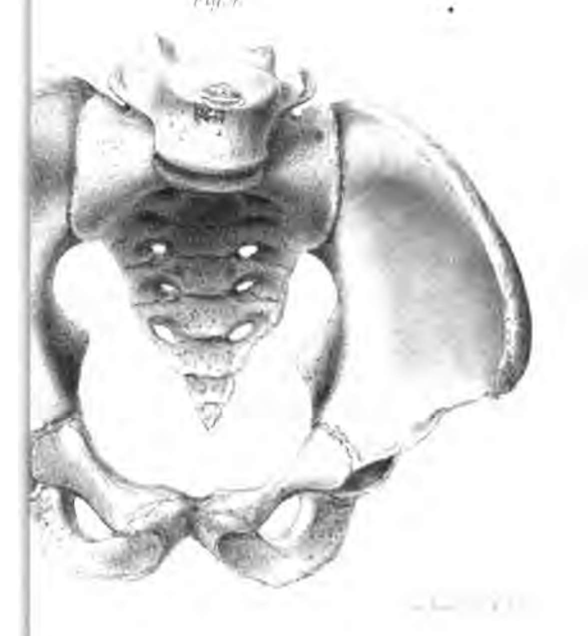

Fig. 3.
B



Taf. IV.

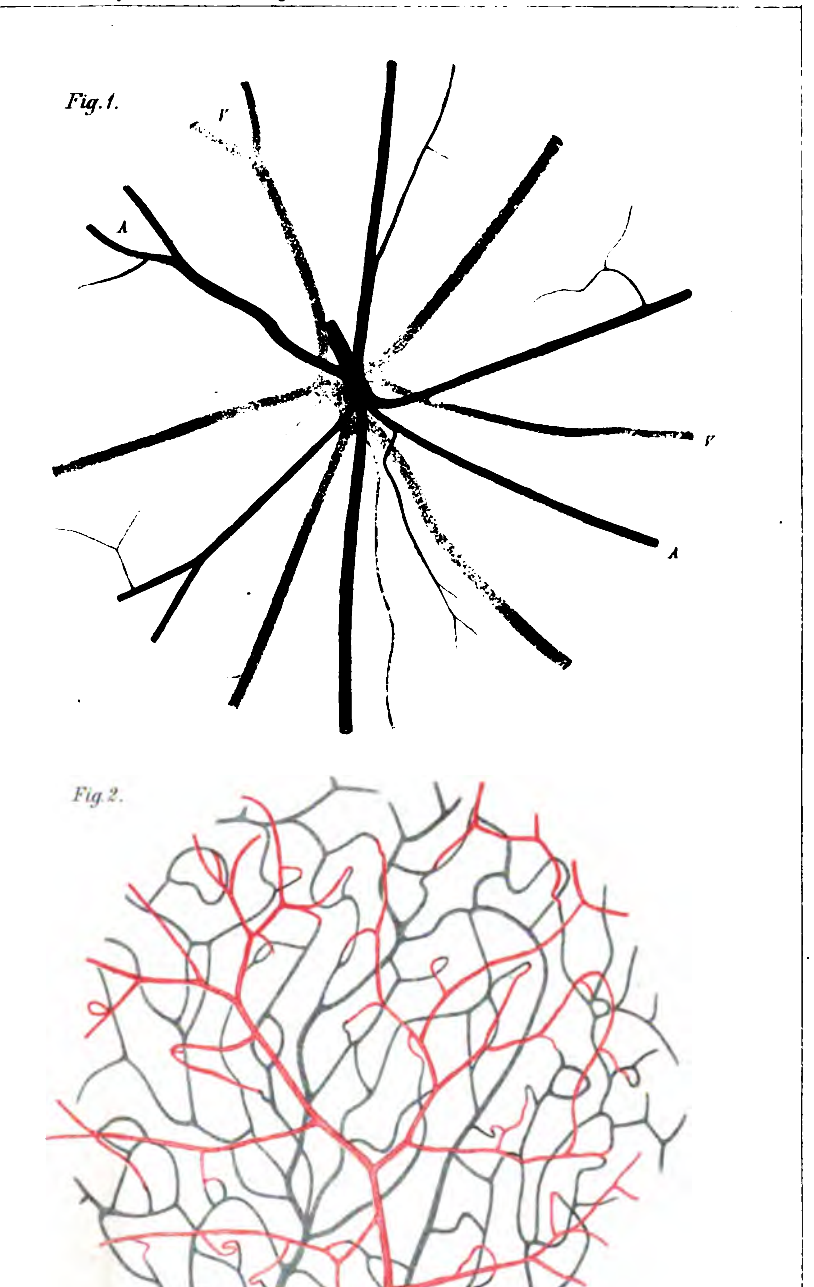


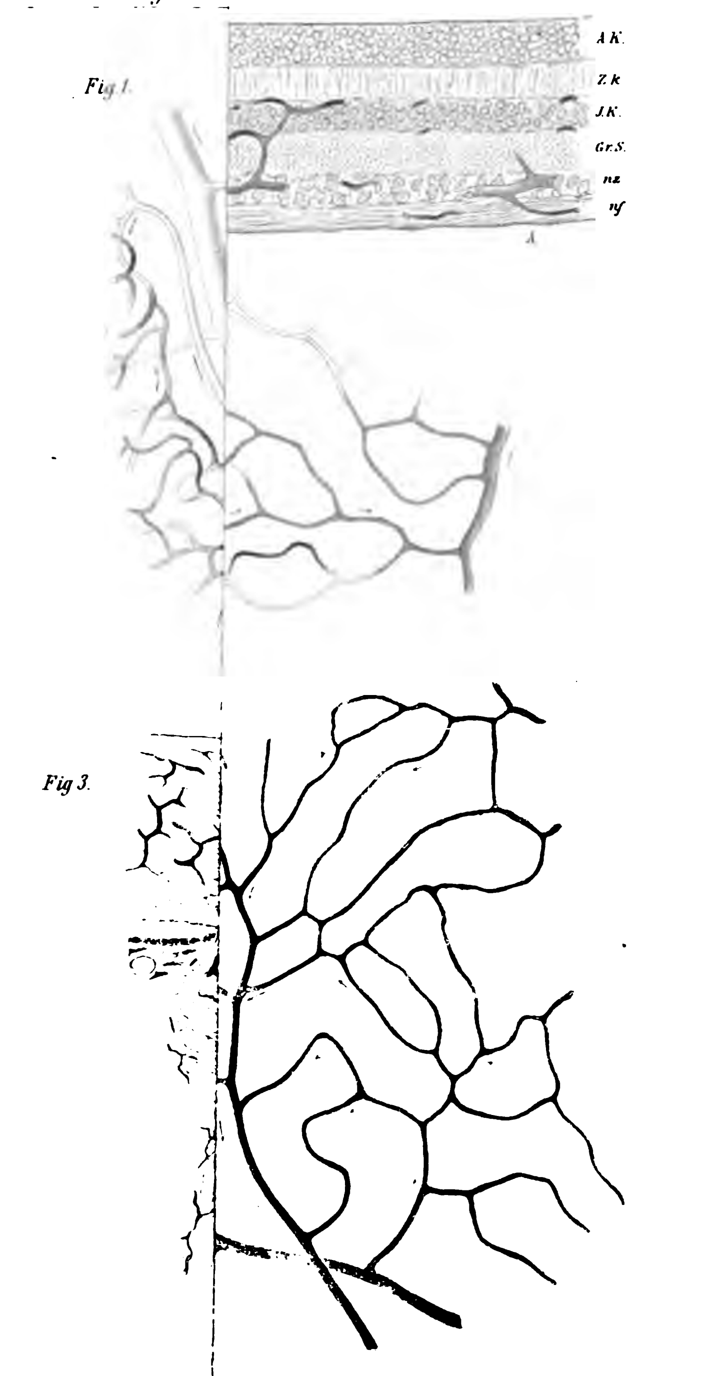
Fig. 4.

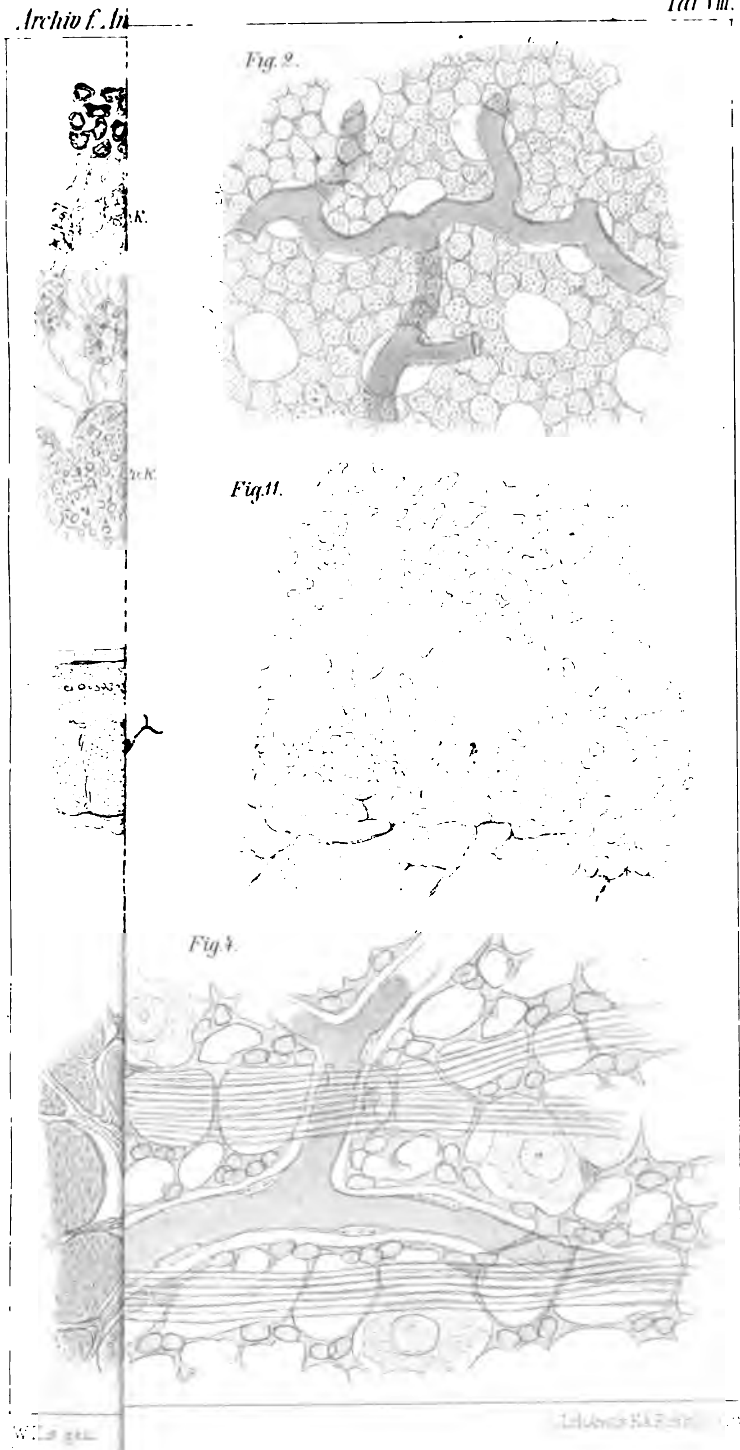


D C E
A B
F G
C^1
H K M
J L

Verlag Veit & Comp. Leipzig.


Fig. 1.
V
A
V
A
Fig. 2.
A
V
V


Fig 1.
A K.
Z k
J K.
Gr. S.
nz
nf
Fig 3.



W. ... gez.

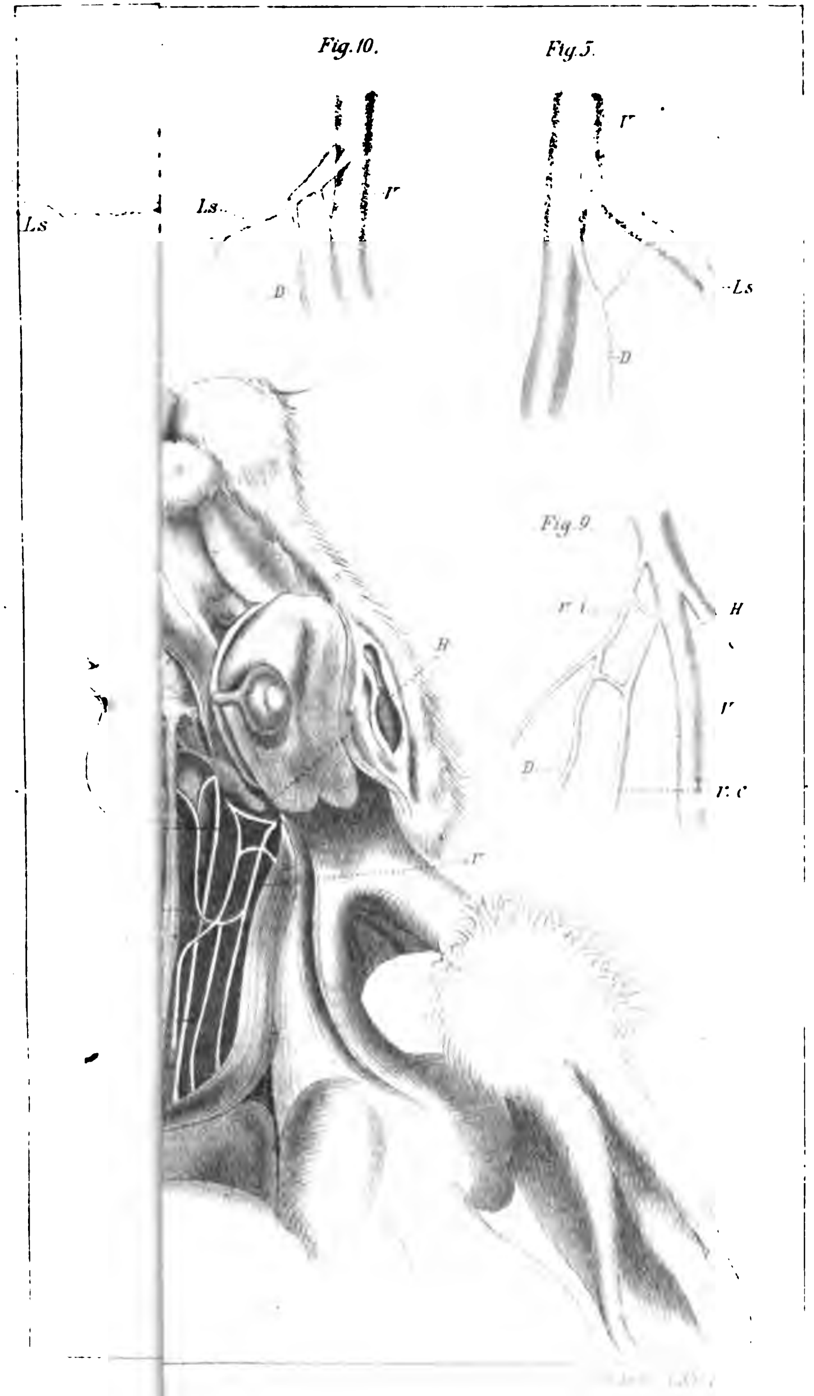

Fig. 10.
Fig. 5.
Fig. 9
Ls
Ls
Ls
D
D
D
H
H
V
V
V
V
V. i
V. c

Fig. 5.

i

a

i

Fig. 8.

u

Fig. 9.

f.

Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 7.

m

f

f

k

s

Fig. 13.

i

i

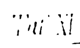
a

b

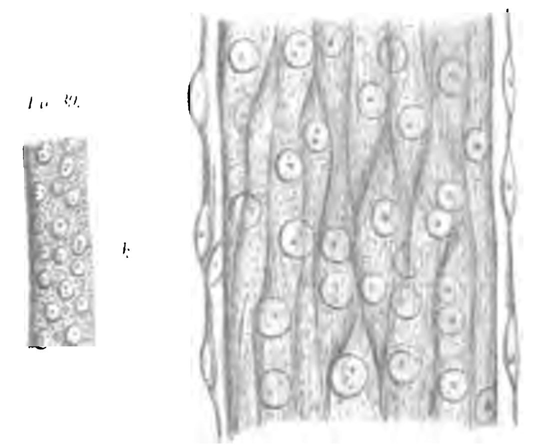
Fig. 24.

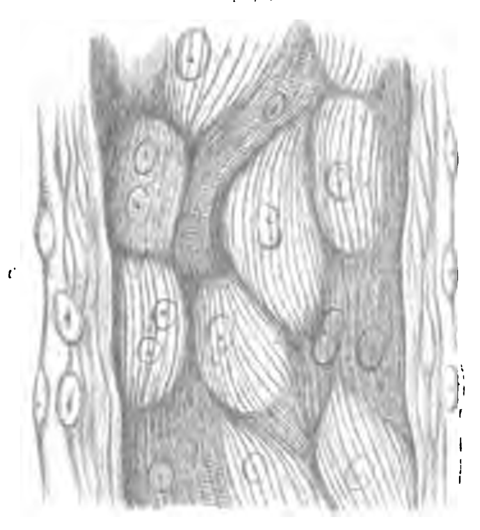
Wagener del.

Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig.









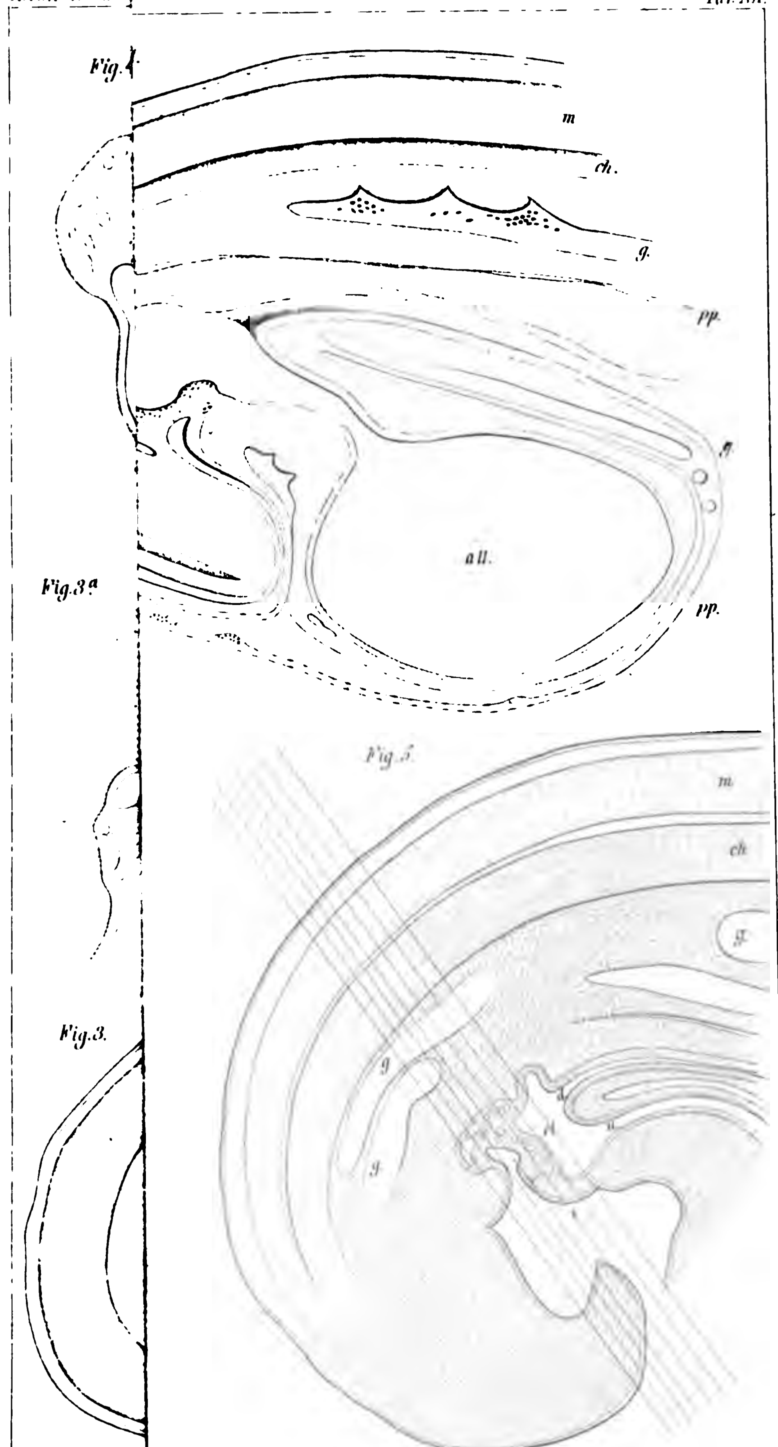


Fig. 4.
m
ch.
g.
pp.
g.
all.
Fig. 3a
pp.
Fig. 5.
m
ch
g
g
g
Fig. 3.

Fig. 8.

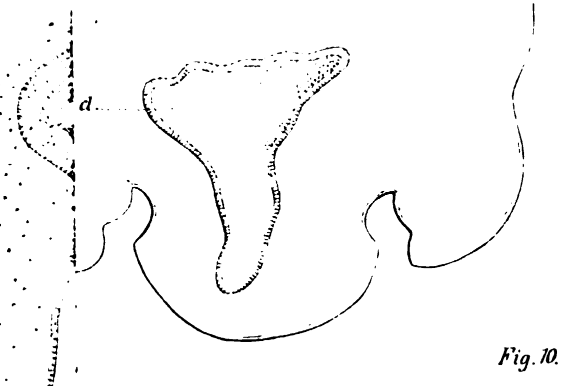


Fig. 10.



Fig. 12.

Fig. 12a

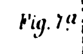
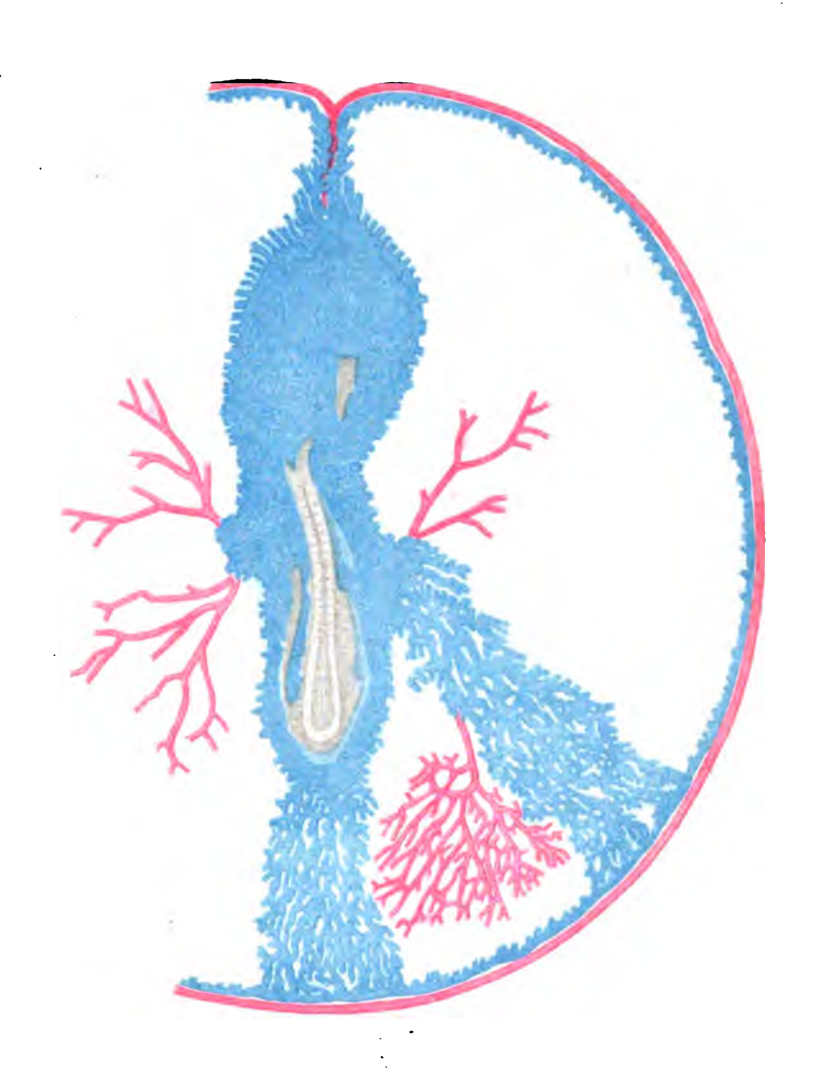


Fig. 13.



Veit & Comp.

Fig. 1.

Fig. 2.

Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig

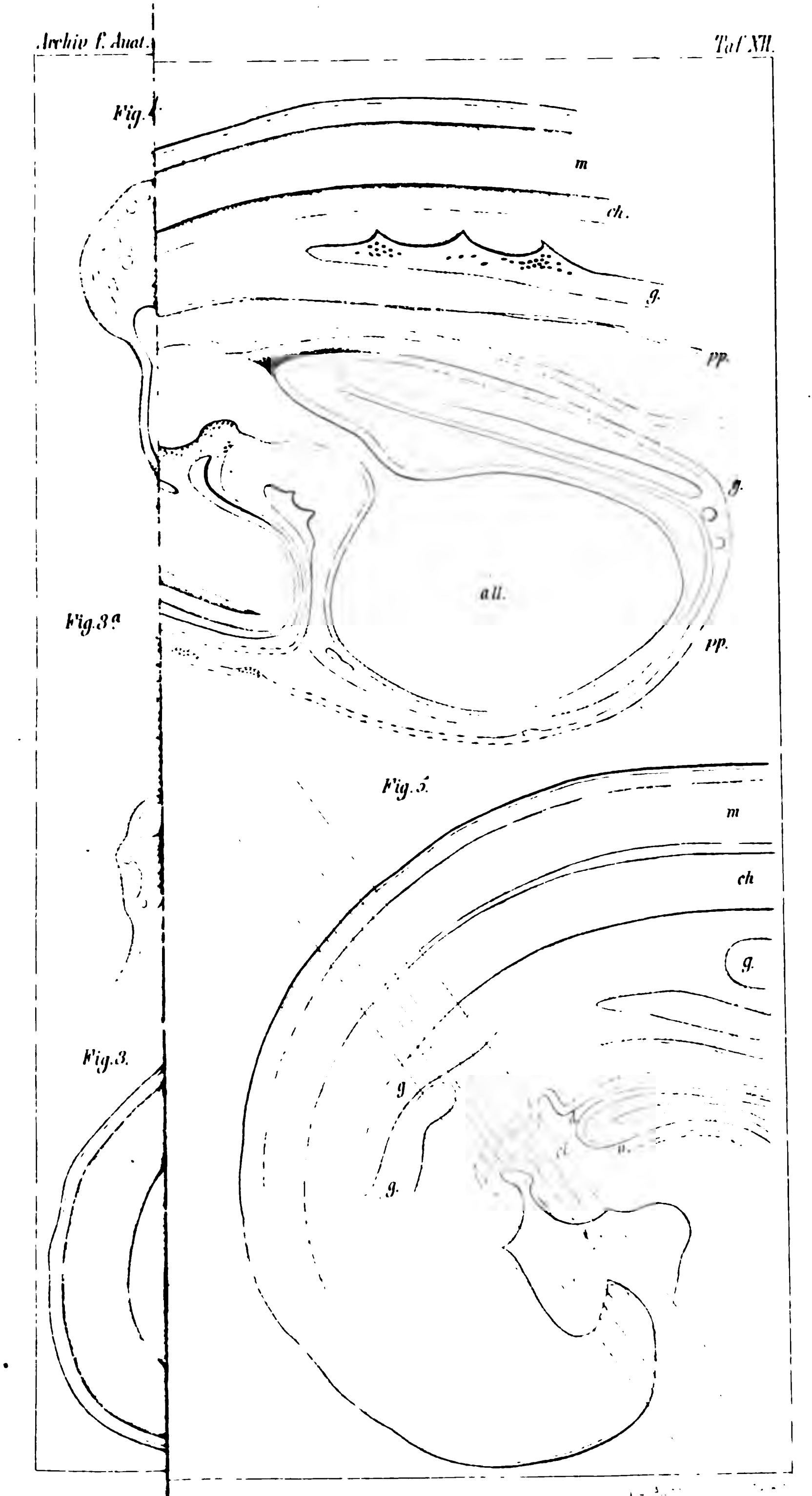

Fig. 4.
m
ch.
g.
pp.
g.
all.
Fig. 3a
pp.
Fig. 5.
m
ch
g.
g
g.
Fig. 3.

Fig. 8.

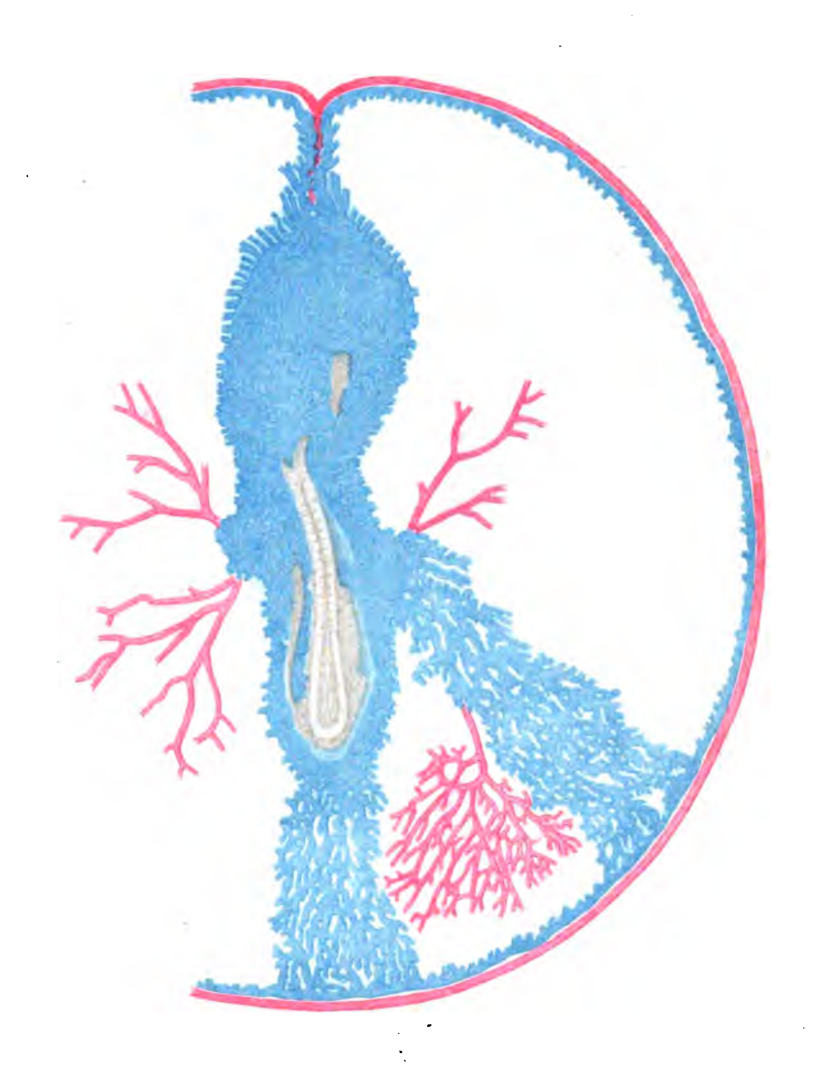
d

Fig. 10.

Fig. 12.

Fig. 7.a

Fig. 13.



Veit & Comp.

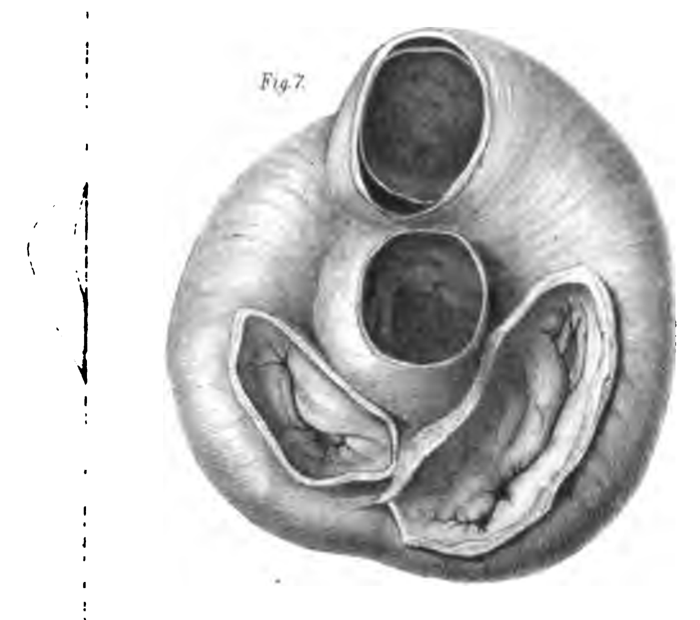
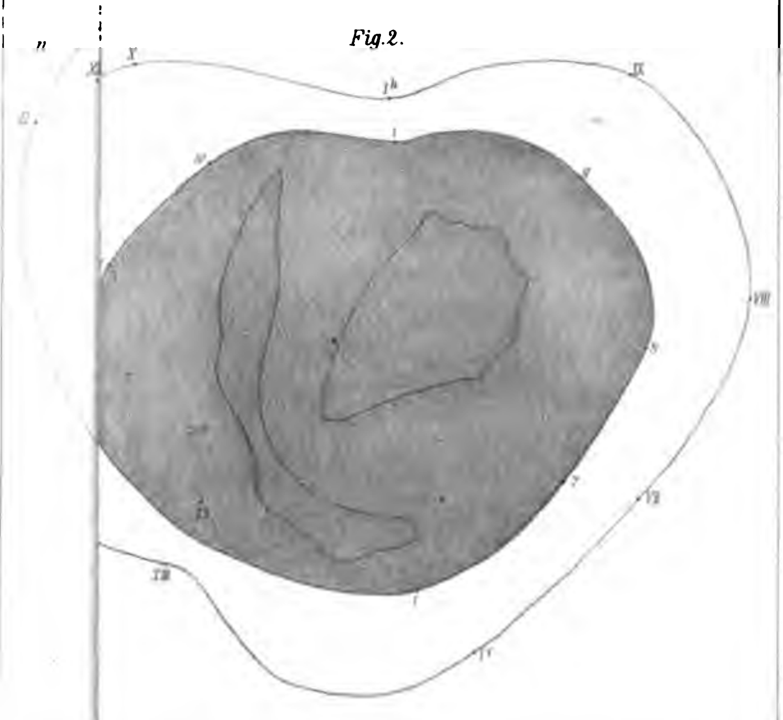
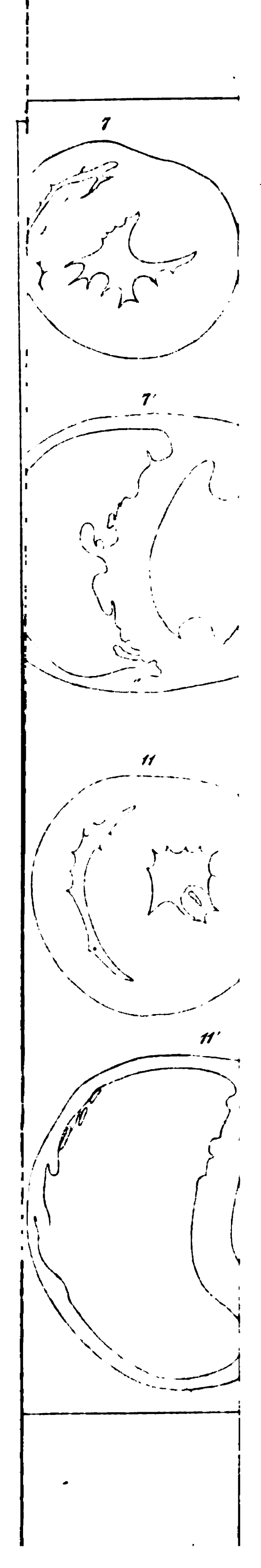


Fig. 7.

Fig. 2.



Lith Anst v. E. A. Funke, Leipzig

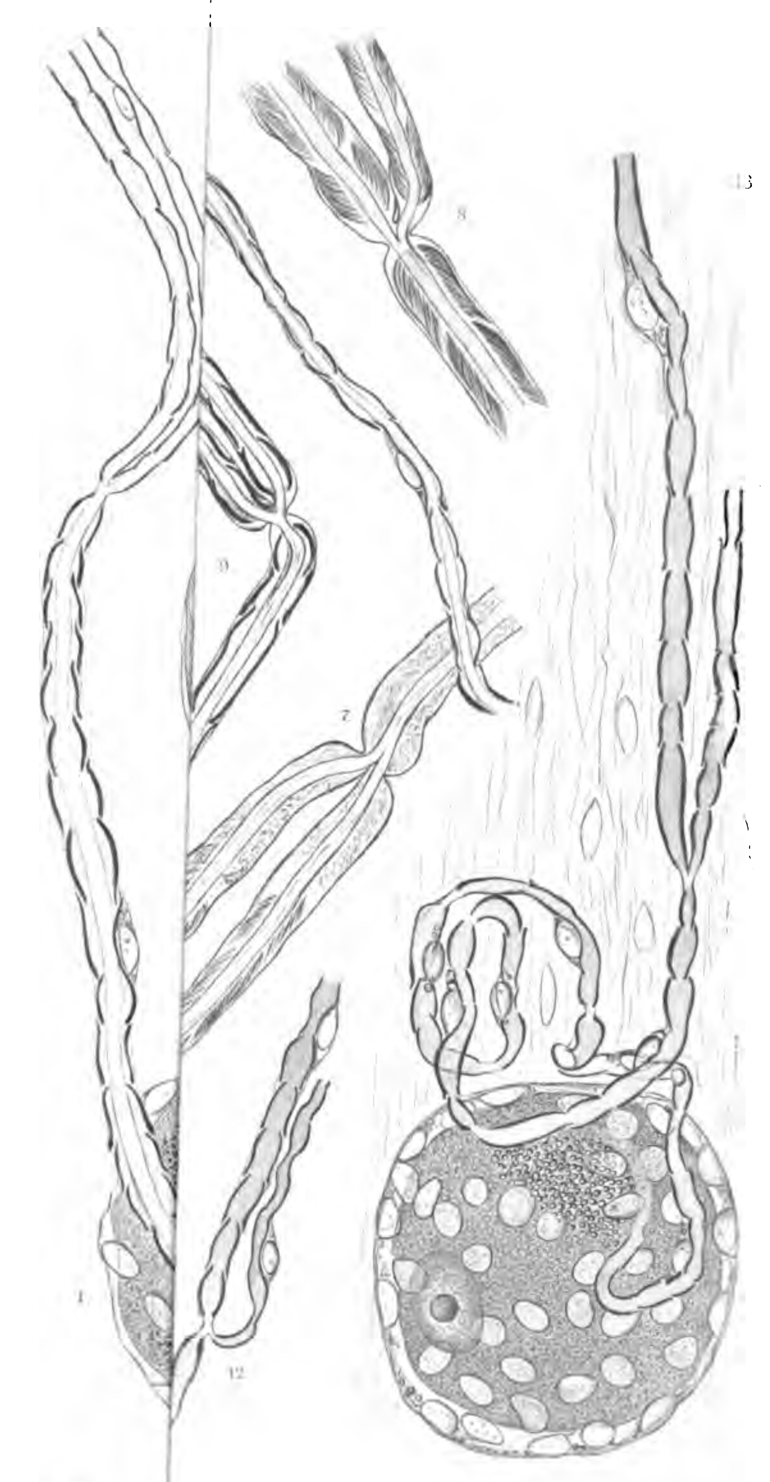

7
7'
11
11'

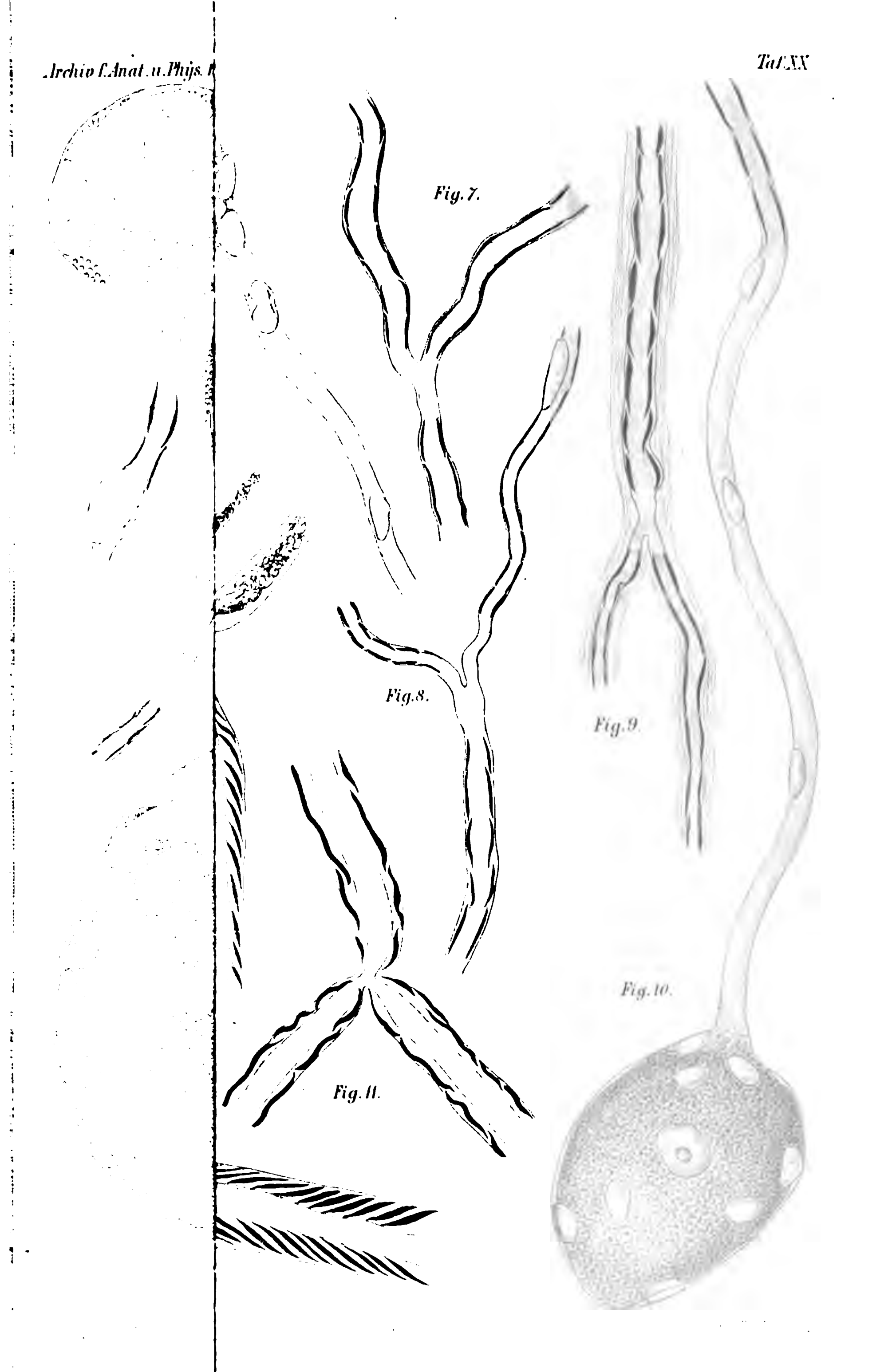


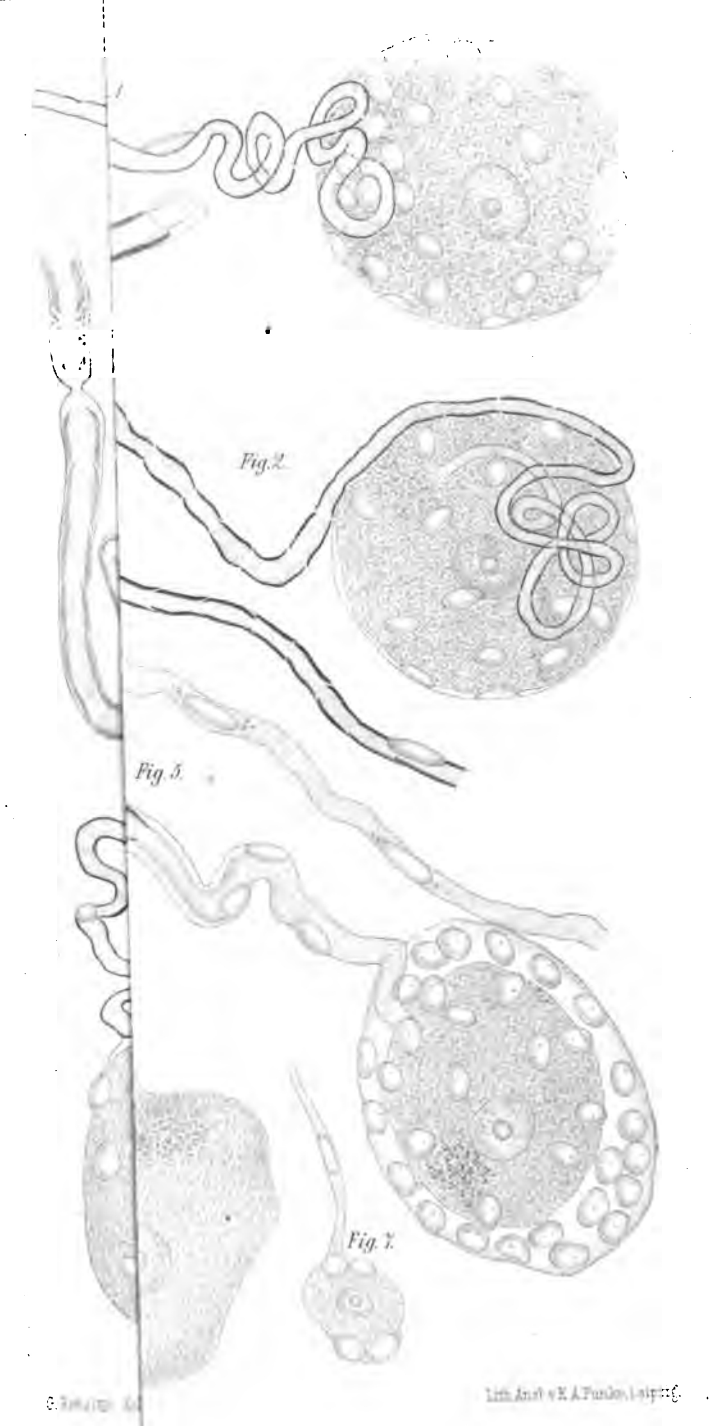
Central-Tryckeriet, Stockholm.



G Retzius. d. Central-Tryckeriet Stockholm.




Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.


Fig. 2.
Fig. 5.
Fig. 7.
G. Retzius del.
Lith. Anst. v. E. A. Funke, Leipzig.

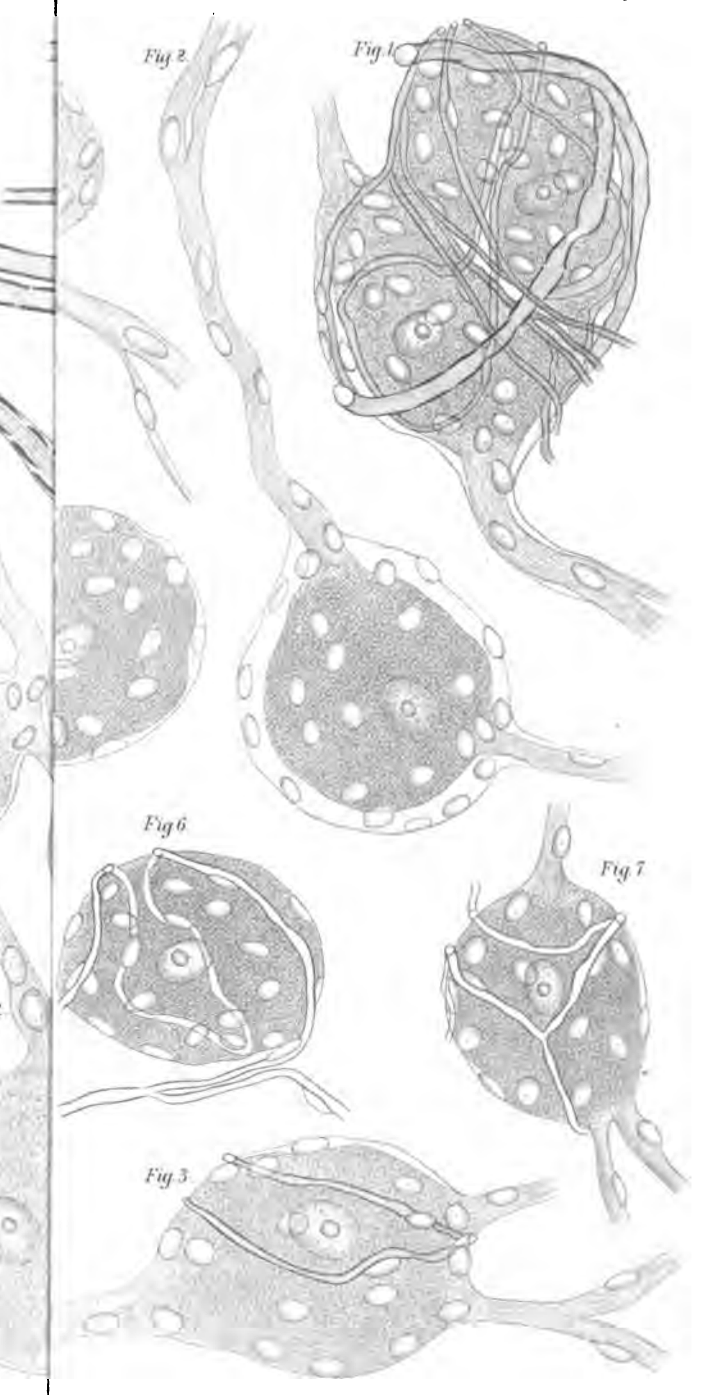

Fig. 2.
Fig. 1.
Fig. 13.
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 22.
Fig. 3.



Fig. 2.

Fig. 6.



Fig. 8.



Fig. 4.

c.8.
d.1.
Un.

Fig. 5.

l.5.
s.1.
S. Dr.
Bl.
Gst.
R.
Sy.
s.5.
c.1.
S.Gl.
Ch.
Gr.
cc.4.
A.

Fig. 13.

Mr.
Sf.
Ch.

Fig. 15.

Ch.
Ur.
Mr.

Fig. 6.

Md.
Gh.
Ns.
Gr.
Sf.
l.Uro.
Cl.
R.
Mr.

Fig. 11. (S.2.)

Gh.
Sf.

Fig. 9. (S.1.)

Sf.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER, REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILH. HIS UND DR. WILH. BRAUNE,
PROFESSOREN DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT LEIPZIG,

UND

DR. EMIL DU BOIS-REYMOND,
PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1880.

ANATOMISCHE ABTHEILUNG.

ERSTES HEFT.

MIT EINER ABBILDUNG IM TEXT UND VIER TAFELN.

LEIPZIG,
VERLAG VON VEIT & COMP.
1880.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen des In- und Auslandes.

(Ausgegeben am 30. März 1880.)

Inhalt.

Die Herren Mitarbeiter erhalten *vierzig* Separat-Abzüge ihrer Beiträge gratis.

Beiträge für die **anatomische Abtheilung** sind an

Professor Dr. **W. His** oder Professor Dr. **W. Braune**
in Leipzig, beide Königsstrasse 17,

Beiträge für die **physiologische Abtheilung** an

Professor Dr. **E. du Bois-Reymond**
in Berlin, N.W., Neue Wilhelmstrasse 15,

portofrei einzusenden. — **Zeichnungen** zu Tafeln oder zu Holzschnitten sind auf **vom Manuscript getrennten** Blättern beizulegen. Bestehen die Zeichnungen zu Tafeln aus einzelnen Abschnitten, so ist, **unter Berücksichtigung** der Formatverhältnisse des Archives, denselben eine **Zusammenstellung,** die dem Kupferstecher oder Lithographen als Vorlage dienen kann, beizufügen.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

